

ТАРТУСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



# ТРУДЫ

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

17

ТАРТУ  
1969

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ТРУДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Р.МУЛЛАРИ И.СААРНИЙТ

*ПОСТРОЕНИЕ НА ЗАВОДЕ „МАШИННОЙ“ СИСТЕМЫ  
ТЕКУЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ*

ВЫПУСК 17  
ТАРТУ · 1969

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В статье [7] выдвигается ряд общих положений, из которых необходимо исходить при разработке научных методов текущего управления работой машино- или приборостроительного завода, а также работой механического цеха завода в условиях мелкосерийного производства. Вспомним вкратце основные из этих положений.

Узким местом при текущем управлении является неспособность оперативно справиться с качественной обработкой требуемого обилия информации. Поэтому научные методы должны здесь основываться именно на применении быстродействующих ЭВМ и многоступенчатой схемы управления. Основная тяжесть падает на практическое решение различных технических проблем, и это необходимо иметь в виду как при разработке всех принципиальных решений, так и при проведении соответствующих исследовательских работ. В частности, отсюда вытекает, что разработка научных методов управления неразрывно связана с их практическим внедрением, и при этом в гораздо большей мере, чем обычно считают, придерживаясь аналогии с другими областями научной работы. Именно практическая деятельность по внедрению научных методов управления должна

лечь в основу теоретической разработки самих этих методов. А чтобы вырваться из такого замкнутого круга, всю разработку научных методов следует разбить на этапы. При этом детальное, более или менее окончательное завершение работ каждого этапа следует проводить лишь на основе опыта, полученного от внедрения в практику предыдущих, по существу менее сложных этапов работы (обратная связь). Отметим еще, что окончательной целью всей этой работы должно являться не достижение абсолютной внутренней согласованности производства (подобно работе часового механизма) - что противоречит существованию случайности как объективного фактора в повседневной жизни - а научное управление производственной стихией.

В [7] весьма схематически описаны также последовательность и содержание первых этапов работы по разработке научных методов управления. В настоящей работе мы постараемся дать уже более детальное их описание. При этом мы берем в основу практический опыт, приобретенный работниками ВЦ ТТУ при проведении соответствующих работ по договору для Тартуского приборостроительного завода и для Вырусского завода газоанализаторов. Были заданы принципиальные решения многих задач, составлены соответствующая система обмена информацией между заводом и ВЦ и система программ для ЭВМ "Урал-4". К сожалению, "Урал-4" оказалась недостаточно мощной и стабильной для постоянного внедрения разработанных методов. Все же мы считаем накопленный опыт достаточным для различных обобщений, чтобы на его основе в общих чертах разработать научные методы "первых этапов" текущего управления работой цеха

и пути внедрения их в практику — что, в конечном счете, сводится к применению в управленской работе быстродействующих ЭВМ — и дать для весьма общих условий различные указания, советы, оценки. На основе накопленного опыта можно также уже более детально представить себе работы следующих этапов.

В предлагаемой работе, для достижения более общего характера изложения, мы не ориентируемся на применение какого-то определенного вида ЭВМ. (К тому же, имеющаяся у нас ЭВМ "Урал-4" является для этой цели непригодной.) Мы не будем также исходить из условий некоторого конкретного завода, а по возможности из наиболее общих условий. Здесь важнее всего дать общую схему применения (произвольной и достаточно мощной) ЭВМ при управлении работой цеха и, кроме того, описать и оценить основные технические трудности и различные варианты их преодоления при реализации этой схемы. Разумеется, все это ни в коем случае нельзя принимать как готовые рецепты. Таких рецептов здесь, по-видимому, вообще дать нельзя. Приведенные описания и оценки следует в конкретных условиях сопоставить с возможностями имеющихся ЭВМ. Это позволяет более обоснованно выбрать, а затем уже детально разработать наиболее пригодный из предлагаемых вариантов или же некоторый новый, еще более пригодный вариант.

Однако весьма часто общий характер изложения сопровождается его чрезмерным усложнением. В этих случаях читателю намного легче познакомиться с менее общим изложением, а потом, если описанные и недостаточно общие условия не охватывают существующего на том или ином заводе положения вещей, уже само-



му приспособить прочитанный материал к непосредственно интересующим его конкретным условиям. Мы стараемся учесть это обстоятельство.

Отметим, что текущее управление на более высоком, например, на межзаводском уровне в основном исходит из той информации, которую оно получает "с мест" от отдельных заводов. Поэтому оно не может быть научно обоснованным и вообще достаточно эффективным, если эта информация недостаточно точно или же неоперативно отражает существующее на заводах положение вещей, т.е. если на самих заводах еще не внедрена качественная система получения информации. Но практически это внедрение осуществимо только тогда, когда та же система информации непосредственно применяется и в повседневном заводском быту, в текущем управлении производством. Лишь это может вызвать на заводе истинную заинтересованность во внедрении соответствующей информационной системы и последующем постоянном содержании ее в порядке. Кроме того, было бы просто неразумно внедрять где-то систему информации только для "внешнего" использования.

Таким образом, можно утверждать, что разработка и внедрение на заводах научных методов текущего управления является необходимой предпосылкой для такой же работы на более высоких уровнях.

И наконец, для ясности, чтобы не возникло недоразумений, следует подчеркнуть еще одно обстоятельство. Кстати, его можно было уловить уже в вышеизложенном тексте. Говоря об управлении, о научных методах управления и т.п., мы всегда имеем

в виду именно информационный аспект управления, т.е. управление как обработку информации. При этом остается в стороне, например, психологический аспект управления, межчеловеческие отношения, отношения подчинения и т.п. Можно, однако, предполагать, что информационный аспект, как наиболее общий, свойственный всем формам управления, следует здесь рассматривать как ведущий. Это, по-видимому, оправдывает наш односторонний подход. К тому же, нельзя ведь стрелять одновременно по нескольким зайцам.

## ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей текущего управления работой приборостроительного завода является достижение в заданных условиях такой внутренней согласованности всего производства, которая обеспечила бы выполнение заводом плана выпуска готовой продукции и не нарушила условий для достижения такой согласованности в будущем. Может показаться, что в связи с этим наиболее "важным" звеном является здесь текущее управление работой монтажного цеха завода как "более близкого" к выпуску готовой продукции. Однако работа монтажного цеха обладает такими качественными особенностями, которые существенно изменяют это положение. Дело в том, что монтаж является исключительно нестабильным относительно определенных условий работы (мы имеем в виду наличие или отсутствие требуемых для монтажа деталей), и это обстоятельство обычно влияет на результаты работы цеха гораздо больше, чем более или менее хорошая согласованность работы внутри самого монтажного цеха. Таким образом, первоочередной задачей текущего управления является своевременное обеспечение монтажа всеми нужными деталями. Успешное решение этой задачи может произойти по двум



противоположным путям (и, разумеется, по различным "компромиссным путям" между ними). С одной стороны, мы имеем здесь в виду создание весьма больших запасов всех требуемых видов деталей. Этот вариант — если он в заданных условиях вообще практически осуществим — крайне неэкономичен как из-за чрезмерного увеличения производственного задела, так и в силу больших количеств "списываемых" деталей в случае изменений конструкции или номенклатуры выпускаемых изделий.

Другим путем является достижение высокой взаимной согласованности в работе монтажного и механического цехов посредством отличного текущего управления работой механического цеха. Разумеется, и этот путь является весьма неэкономичным, если мы будем добиваться почти абсолютной согласованности в работе обоих цехов, ибо достижение "абсолютной" согласованности в практических условиях повседневных случайностей будет обходиться исключительно дорого. Все же в существующих условиях на пути улучшения текущего управления работой механического цеха скрываются существенные неиспользованные резервы, ключом к которым являются основывающиеся на применении быстродействующих ЭВМ научные методы управления.

Не может быть качественного текущего управления без притока оперативной, правильной, в достаточной мере детализированной, систематизированной и формализированной информации. (Значение последнего требования особенно возрастает в условиях применения ЭВМ.) При улучшении текущего управления работой механического цеха в первую очередь ставится задача получения более качественной информации с цели его работы.

Это сводится к более точному и правильному количественно-временным потребностям монтажного цеха во всех деталей и производственного задания механического цеха, вытекающего из потребностей в деталях и имеющихся запасов деталей. Без достаточно корректного практического решения этой задачи никакие организационные мероприятия в механическом цехе не могут обеспечить хорошую согласованность в работе монтажного и механического цехов. Прежде чем решать задачу "как делать?" следует со всей корректностью решить задачу "что делать?".

В условиях крупносерийного или массового производства, когда выпуск заводом готовой продукции является более или менее равномерным в течение длительных периодов времени, качественное определение количественно-временных потребностей монтажного цеха в различных видах деталей не представляет особых технических затруднений производится в существующей практике вполне удовлетворительно (например, новочеркасским методом внутрицехового планирования). Но существенно иное положение имеет место в условиях мелкосерийного производства. Здесь качественное определение количественно-временных потребностей монтажа в различных видах деталей сводится к оперативному совершению огромного количества вычислений. Это практически осуществимо только путем применения соответствующего достаточно корректного и экономно реализуемого алгоритма и быстродействующей ЭВМ.

Определение потребностей монтажа в деталях происходит на основе учета двух видов данных:

1) плана выпуска заводом готовой продукции и

2) применяемости деталей в каждом изделии с учетом соответствующих времен опережения монтажа относительно выпуска изделия. Обычно заданная деталь применяется в различных изделиях в различных количествах и с различными временами опережения. Если при этом план выпуска заводом изделий не остается равномерным в течение длительного промежутка времени, а взаимные пропорции выпускаемых изделий постепенно изменяются, то осуществить качественное определение потребностей монтажа в данной детали далеко не легко.

В существующей же практике, чтобы вообще справиться с обилием вычислений, в подобных условиях идут на весьма грубые округления. План выпуска готовой продукции не учитывается в том виде, в каком он имеется, а берется равномерным в течение планового периода (например, месяца), вместо весьма различных значений сроков опережения учитывается только одно — наибольшее из них и т.п. Такие округления делают, однако, невозможным достижение отличной согласованности работы механического цеха с работой монтажного цеха, а часто вообще дезориентируют работу цеха, в результате чего изготовление различных деталей иногда, например, происходит в совершенно иной последовательности, а также в иных количествах, чем это вытекало бы из действительных нужд производства. Для того, чтобы такие "промахи" не имели серьезных последствий в работе монтажного цеха или даже в выпуске готовой продукции, требуются солидные (и весьма неэкономные) складские запасы готовых деталей, а в тех слу-

чаях, когда некоторых деталей все же не хватает, в механическом цехе создается разрушающее нормальный ритм работы аварийное положение, т.е. "штурмовщина".

Разумеется, более качественное определение потребностей монтажа является только исходным шагом при улучшении текущего управления работой завода. За ним следует в определенной последовательности обширный комплекс взаимно связанных и взаимно обусловленных мероприятий, приводящих к последовательной замене ныне широко используемых опытно-интуитивных методов текущего управления соответствующими научными методами, к замене утомительного умственного труда людей при учете и анализе различных условий и влияющих на работу завода факторов автоматическим и намного более качественным выполнением этой работы на ЭВМ.

В последующем изложении мы считаем нужным при разработке "машинной" системы текущего управления производством наиболее четко выделить три основных темы или даже, можно сказать, три основных аспекта: общие положения, постоянные и изменяющиеся условия работы. На каждом из них делается акцент в соответствующей главе. Разумеется, что такое разделение является весьма условным, ибо условия работы также в определенной мере входят в общие положения и нет абсолютно-го постоянства, как и абсолютной изменчивости. Все же такой подход помог нам, по-видимому, лучше упорядочить излагаемый материал.

В первой главе - соответствующей общим положениям - сперва строится требуемый для ясности и четкости дальнейшего из-



ложения специальный математический аппарат — язык. Затем на этом языке описывается составление ориентировочных графиков производства, являющихся наряду с существующим в цехе конкретным положением вещей основой уже для непосредственного текущего управления работой.

Практически вся эта система составления графиков для производства весьма велика и дорога. Поэтому очень желательно, чтобы эту же систему, быть может с некоторыми дополнениями, можно было применить и для других нужных заводу вычислений. Тем более, что некоторые такие вычисления необходимы для дальнейшего усовершенствования текущего управления. В главе I описываются некоторые такие вычисления и возникающие в связи с их проведением общие проблемы.

Глава II соответствует аспекту постоянных условий. Основные постоянные условия при применении "машинной" системы текущего управления — это информационные условия, сводящиеся к системе упорядочения и хранения необходимых для вычислений исходных данных, к системе обмена информацией между заводом и ЭВМ. Одним словом, это та постоянно повторяющаяся повседневность, с которой приходится иметь дело при машинной системе текущего управления.

В главе III делается акцент на изменяющихся условиях работы. Это — те изменения, которые происходят в результате внедрения на заводе машинной системы текущего управления. А поскольку мы сами вызываем эти изменения, то, в конечном счете, этот аспект ведет к нашей практической деятельности, к практическому проведению работ по разработке и внедрению



машинной системы текущего управления. Это — те необратимые процессы, которые и должны привести нас к желаемому результату.

## Г л а в а I

### П Р И Н Ц И П И А Л Ь Н Ы Е Р Е Ш Е Н И Я

#### § I. Формальный аппарат для операций с графиками

Пусть имеется плановый период  $T$  (месяц, квартал, год). Рассмотрим этот период, разбив его на более краткие промежутки времени (пятидневки, недели, декады, месяцы, кварталы) продолжительностью последовательно в  $t^1, t^2, \dots, t^C$  рабочих дней. Запишем это деление планового периода на заданные промежутки времени символически в следующем виде:

$$\{T\} = [t^0, t^1, \dots, t^C]$$

(здесь  $t^0 = 0$ ). Такого вида запись мы в дальнейшем будем называть графиком.

Пусть будет задан план  $P$  выпуска заводом готовой продукции, предусматривающий выпуск готовых изделий  $A$  в  $\alpha$ -ом промежутке времени планового периода в количестве  $p^\alpha$  штук. Этот план можно также представить в виде графика

$$\{P\} = [p^0, p^1, \dots, p^C],$$

где под  $p^0$  подразумевается "неисписанный долг" из предыдущего планового периода.

Определим следующие операции над графиками.

1. Умножение на  $k$ :

$$k\{P\} = \{P\}k = [kp^0, kp^1, \dots, kp^{\zeta}].$$

2. Сложение:

$$\{P_1\} + \{P_2\} = [p_1^0 + p_2^0, p_1^1 + p_2^1, \dots, p_1^{\zeta} + p_2^{\zeta}].$$

3. Уменьшение на  $v (\geq 0)$ :

$$\{P\} \ominus v = [p^0 \ominus v, p^1 \ominus v, \dots, p^{\zeta} \ominus v],$$

где

$$p^{\alpha} \ominus v = \begin{cases} p^{\alpha}, & \text{если } v \leq \sum_{\beta=0}^{\alpha-1} p^{\beta} \\ \sum_{\beta=0}^{\alpha} p^{\beta} - v, & \text{если } \sum_{\beta=0}^{\alpha-1} p^{\beta} < v < \sum_{\beta=0}^{\alpha} p^{\beta} \\ 0, & \text{если } v \geq \sum_{\beta=0}^{\alpha} p^{\beta} \end{cases}$$

и  $\alpha = 0, \dots, \zeta$ . (Условимся здесь и далее, что при любых значениях  $p^{\beta}$  и  $\gamma < \kappa$  имеет место равенство  $\sum_{\beta=\gamma}^{\kappa} p^{\beta} = 0$ .)

4. Смещение (по  $\{T\}$ ) на  $1 (\geq 0)$ :

$$\{P\} \rightarrow 1_{\{T\}} = [p^{0 \rightarrow 1_{\{T\}}}, \dots, p^{\zeta \rightarrow 1_{\{T\}}}].$$

(Если в связи с этим не возникнет недоразумений, будем пи-

сать упрощенно:

$$\{P\} \rightarrow 1 = [p^0 \rightarrow 1, \dots, p^{\tau} \rightarrow 1].)$$

Для определения величины  $(p^{\alpha} \rightarrow 1)$ , где  $\alpha = 0, 1, \dots, \tau$ , следует сначала решить относительно  $t^{\tau}$  неравенство

$$\sum_{\beta=\alpha+1}^{\tau-1} t^{\beta} \leq 1 < \sum_{\beta=\alpha+1}^{\tau} t^{\beta}.$$

(Условимся здесь и далее, что  $t^{\tau+1} = \infty$ .) Теперь при  $\alpha = 0$  имеем

$$p^0 \rightarrow 1 = \sum_{\beta=0}^{\tau-1} p^{\beta} + (1 - \sum_{\beta=0}^{\tau-1} t^{\beta}) \frac{p^{\tau}}{t^{\tau}},$$

а при  $\alpha = 1, \dots, \tau$

$$p^{\alpha} \rightarrow 1 = \sum_{\beta=\alpha}^{\tau} q^{\beta} \frac{p^{\beta}}{t^{\beta}},$$

где

$$\left\{ \begin{array}{l} q^{\tau} = \min(t^{\alpha}; 1 - \sum_{\beta=\alpha+1}^{\tau-1} t^{\beta}) \\ q^{\tau-\delta} = \min(t^{\alpha} - \sum_{\beta=0}^{\delta-1} q^{\tau-\beta}; t^{\tau-\delta}) \\ q^{\alpha} = \max(t^{\alpha} - 1; 0) \end{array} \right.$$

и  $\delta = 1, \dots, \tau - \alpha - 1$  (если  $\tau = \alpha + 1$ , то  $\delta$  не принимает никаких значений). В этих формулах наиболее правильное значение

не определенному нами пока символу  $\frac{p^{\zeta+1}}{t^{\zeta+1}}$  следует специально подобрать, исходя из конкретных условий, для описания которых применяется приведенный здесь формальный аппарат. Можно предложить, например, следующие определения:

$$\frac{p^{\zeta+1}}{t^{\zeta+1}} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{p^{\zeta+1}}{t^{\zeta+1}} = \frac{p^{\zeta}}{t^{\zeta}}.$$

Первое из них больше подходит в том случае, когда рассматривается, например, график изделия, которое с малой вероятностью будет встречаться в плане выпуска следующего планового периода, второе - в противном случае.

Отметим, что по сравнению со соответствующими формулами в [4] формулы здесь составлены для более общего случая. Но, с другой стороны, для простоты и ввиду того, что здесь нами преследуются в основном описательные цели, мы не стали загромождать формулы смещения требованием целочисленности (хотя это следует учесть при проведении практических вычислений).

Приведенный формальный аппарат дает возможность записать относительно просто и корректно истинные количественно-временные потребности монтажа в деталях, исходя из плана выпуска изделий и данных о применяемости деталей в изделиях со соответствующими сроками опережения.

Пусть план выпуска заводом  $i$ -го готового изделия ( $i = 1, \dots, I$ ) задан графиком  $\{P_i\}$ , причем при монтаже этого изделия требуется  $r_{ij}^1$  штук  $j$ -х деталей ( $j = 1, \dots, J$ ) со временем опережения в  $l$  ( $l = 1, 2, \dots$ ) рабочих дней относительно выпуска изделия. Тогда количественно-временные потребности монтажа в  $j$ -й детали представляются графиком



$$\sum_i \sum_l (\{P_i\} r_{ij}^l \rightarrow 1).$$

Пусть количество  $j$ -х деталей, имеющееся в монтаже к началу планового периода, равно  $v_j$ . Тогда требуемый минимальный входной поток этих деталей в монтаж представляется графиком

$$\left( \sum_i \sum_l (\{P_i\} r_{ij}^l \rightarrow 1) \right) \ominus v_j. \quad (1)$$

Пусть  $l_j$  - время транспортировки готовых  $j$ -х деталей из механического в монтажный цех. Тогда требуемый минимальный выпуск этих деталей из механического цеха представляется графиком

$$\left( \sum_i \sum_l (\{P_i\} r_{ij}^l \rightarrow (1 + l_j)) \right) \ominus v_j. \quad (2)$$

Учтем еще в  $l_j$  определенное страховое опережение, превышающее с достаточно большой вероятностью возможные отставания партий  $j$ -х деталей от ориентировочного графика (см., напр., [5]). Тогда (2) может служить своего рода ориентировочным графиком выпуска  $j$ -х деталей из механического цеха.

Пусть  $l'_j$  - длина производственного цикла партии  $j$ -х деталей (с учетом средних сроков ожидания)<sup>1)</sup>, а  $v'_j$  - количество этих же полузаготовленных деталей в механическом цехе. Тогда запуск  $j$ -х деталей в производство определяется (ориентировочным) графиком

$$\left( \sum_i \sum_l (\{P_i\} r_{ij}^l \rightarrow (1 + l_j + l'_j)) \right) \ominus (v_j + v'_j). \quad (3)$$

В принципе можно также задать графики запуска и выпуска деталей для каждого участка механического цеха на технологическом маршруте  $j$ -й детали или даже для каждой операции (стоит только присвоить величинам  $l_j^*$  и  $v_j^*$  соответствующие значения). Проблема, однако, заключается в технических трудностях составления таких графиков и в том, какая форма выдачи графиков и какое их количество наиболее пригодны для дальнейшего использования. Очевидно, что если для каждой детали-операции составить и выдать графики в виде (3), то объем технической работы (для обычных заводских условий) будет астрономическим и в то же время из-за обилия графиков теряется обозримость содержащейся в них информации.

1) При текущем управлении производством постоянно приходится иметь дело с длинами производственных циклов деталей. Хотя в нашей теоретической литературе задано немало формул для их определения, все же в производственном цикле партии деталей встречается компонент, который пока еще никак не поддается априорным теоретическим оценкам. Это - время ожидания деталепартиями освобождения станка, которое зависит от конкретных (и поэтому заранее неизвестных) условий производства. (Более подробно о времени ожидания см., например, в [5,6].)

При определении начального приближения длины производственного цикла партии деталей, по-видимому, вернее всего исходить в основном из интуитивных оценок, заданных практиками производства (см., например, [2] и [1]). Если внедрена система наблюдения за ходом производства посредством ЭВМ (см. [7]), а также § 6 гл. III настоящей статьи, то в результате математической обработки данных о прежнем ходе производства открывается возможность давать постепенно все более лучшие оценки для длин производственных циклов деталей.

Опыт практиков следует, по-видимому, вернее всего положить

в основу также при определении времен опережений монтажа и величин партий деталей.

## § 2. Непрерывные и дискретные графики

Своеобразие (и недостаток) графика (3) как ориентировочного заключается в том, что он "непрерывен", в то время как практическое производство деталей "дискретно", т.е. происходит партиями. Однако от (3) нетрудно перейти к соответствующему "дискретному" и поэтому в практическом применении более пригодному ориентировочному графику (будем обозначать его в дальнейшем ОГ).. Для этого сперва запишем (3) в более удобном виде:

$$\{G_j\} = [\varepsilon_j^0, \varepsilon_j^1, \dots, \varepsilon_j^T], \quad (4)$$

где

$$\varepsilon_j^{\alpha} = \left( \sum_1 \sum_1 ((r_{1j}^1 \varepsilon_{1j}^{\alpha}) \rightarrow (1 + l_j + l_j')) \right) \ominus (v_j + v_j').$$

Пусть  $\varepsilon_j^{\alpha_0}$  - первая ненулевая цифра среди  $\varepsilon_j^{\alpha}$  (если таковая существует). В этом случае ориентировочный срок  $t_{j1}$  соответствующего графику (4) действия над первой партией  $j$ -ых деталей (запуска, выпуска, начала определенной операции и пр.) можно определить, например, формулой

$$t_{j1} = \begin{cases} 1 - \frac{g_1^0}{g_j} t^1, & \text{если } \alpha_0 = 0 \\ 1 + \max \left( \sum_{\alpha=1}^{\alpha_0-1} t^\alpha; \sum_{\alpha=1}^{\alpha_0} t^\alpha - \frac{g_1^{\alpha_0}}{g_j^{\alpha_0+1}} t^{\alpha_0+1} \right), & \text{если } \alpha_0 \neq 0. \end{cases} \quad (5)$$

(Результат деления на нуль истолковывается здесь как  $\infty$ .) Если же все величины  $g_j^\alpha$  нулевые, то рассматриваемое действие с  $j$ -ми деталями в плановом периоде  $T$  вообще совершать не стоит и срок  $t_{j1}$  определять не следует.

Пусть  $m_j$  — величина партии  $j$ -х деталей. Тогда ориентировочный срок  $t_{j2}$  для второй партии  $j$ -х деталей определяется по той же формуле (5), только вместо графика  $\{G_j\}$  в ней следует использовать график  $\{G_j\}_{m_j}$ . Аналогично происходит определение и последующих сроков  $t_{j3}$ ,  $t_{j4}$  и т.д., исходя соответственно из графиков  $\{G_j\}_{2m_j}$ ,  $\{G_j\}_{3m_j}$  и т.д. (Кстати, нетрудно составить и более совершенные алгоритмы для определения ориентировочных сроков  $t_{jk}$ , но соответствующие формулы по внешнему виду довольно сложны, и мы не будем загромождать ими изложение.)

В принципе весь переход от "непрерывных" к "дискретным" ориентировочным графикам можно производить на ЭВМ непосредственно перед началом планового периода и выдавать в цех для практического применения только ОГ. В связи с этим приходится, однако, отметить следующее. По различным причинам  $j$ -е детали производятся в цехе далеко не всегда только партиями определенной величины  $m_j$  (если такое положение вообще имеет место). Сроки  $t_{j2}$ ,  $t_{j3}$  и т.д., если они определены,

исходя из наперед заданной средней величины партии  $m_j$ , как правило, плохо отражают действительные нужды производства. Поэтому ориентировочный срок для данной партии  $j$ -й детали следует определить лишь после того, как известна действительная величина предыдущей партии этой детали. В этом случае необходим постоянный обмен информацией между производством и ЭВМ в течение всего планового периода  $T$ . С производства должны постоянно поступать в ЭВМ данные о действительных величинах деталей партий. В то же время ЭВМ будет сообщать производству об ориентировочных сроках изготовления последующих деталей партий. В большинстве случаев, из-за технических трудностей при проведении соответствующих весьма объемистых и сложных подготовительных работ, такую систему невозможно построить сразу. Необходим более плавный переход, обеспечивающий обратную связь с производством самого процесса построения этой системы. Поэтому до тех пор, пока система постоянного обмена информацией между производством и ЭВМ еще не готова и не работает безупречно, в текущее управление производством следует внедрить "непрерывные" ориентировочные графики (4), а определение сроков  $t_{jk}$  (т.е. составление ОГ) проводить "вручную" в течение всего планового периода. Отметим, что на самом деле эта работа далеко не так страшна, как кажется при первом взгляде на формулу (5).

Разумеется, все это не относится к тем деталям, действительная величина партии которых, как правило, всегда превышает потребность монтажа в плановом периоде и для ко-



торых поэтому следует определить только один ориентировочный срок -  $t_{j1}$ . В зависимости от конкретных условий относительное количество таких деталей среди других может быть весьма различным.

Есть еще одно обстоятельство, усложняющее переход к задаче ОГ из ЭВМ. До тех пор, пока нет постоянного обмена информацией между производством и ЭВМ, нет и возможности в течение планового периода постоянно накапливать в ЭВМ (расчетные) данные о количестве находящихся в монтаже и в обработке деталей.

В результате получается, что с составлением графиков (4) (т.е. (3)) приходится ждать до самого начала планового периода  $T$ , т.е. до тех пор, пока не поступят данные  $v_j$  и  $v'_j$ , фиксирующие текущее положение в производстве, хотя графики

$$\sum_1 \sum_1 (\{P_{ij}\} r_{ij}^1 \rightarrow (1 + l_j + l'_j)) \quad (6)$$

можно составить уже заранее. В связи с этим может оказаться более целесообразным выдавать при помощи ЭВМ вместо графиков (4) графики (6). Уменьшение графиков на  $(v_j + v'_j)$  в этом случае придется провести "вручную" (кстати, при таком положении будет намного лучше, если ЭВМ выдаст не графики (6), а графики, произвольный  $\alpha$ -ый элемент которых равен сумме элементов соответствующих графиков (6) от 0-го до  $\alpha$ -ого элемента включительно), но зато, во-первых, графики можно получить заранее и, во-вторых, совершенно отпадает весьма срочная работа приведения данных  $v_j$  и  $v'_j$  к виду, пригодному для передачи

их в ЭВМ (перфорирование).

В итоге отметим, что в силу невозможности перейти "одним шагом" к применению в текущем управлении работой цеха составленных на ЭВМ ОТ, перед нами временно возникает определенные трудности, связанные с некоторыми неудобствами выдачи (большая загрузка печатающего устройства ЭВМ) и дальнейшего применения "непрерывных" ориентировочных графиков производства. При внедрении ЭВМ в текущее управление производством успех всей работы во многом зависит от того, насколько успешно удастся преодолеть эти трудности <sup>2)</sup>.

2) Некоторые возражения против ориентировочных графиков могут возникнуть на той основе, что при непосредственном их составлении не учитывается "пропускная способность" механического цеха, загруженность его станков. В частности, согласно ориентировочному графику на данном станке можно предвидеть одновременное совершение нескольких работ. В связи с этим отметим, что в любом случае при определении производственных заданий следует класть в основу графики (1) как минимальный, требуемый поток деталей в монтажный цех (если мы вообще хотим добиться отличной согласованности в работе монтажного и механического цехов). Проблема может заключаться только в том, целесообразен ли переход от графиков (1) к ориентировочным графикам, т.е. целесообразно ли вообще учитывать при текущем управлении работой цеха средние продолжительности производственных циклов деталей (целиком и по частям). А это приводит к проблеме целесообразности многоступенчатой схемы управления и применения усредненных данных вообще. Некоторые соображения о необходимости применения именно многоступенчатой схемы, а также ориентировочных графиков при текущем управлении работой цеха приведены, например, в [7] и [5].

Вспомним, что умеренные отклонения действительного хода производства от ориентировочного графика вполне закономерны и учитываются (величины  $1_j$  в (2), (3), (6)) при его составлении. Ес-

ли "пропускная способность" механического цеха учтена при составлении плана  $P$ , т.е. цех в течение планового периода  $T$  в состоянии изготовить все детали для изделий в количествах  $\sum_{i=0}^T p_i^a$  (см. вычисления загрузки в § 6 гл. I), если при составлении графиков  $\{P_i\}$  учтены равномерный выпуск заводом готовой продукции в ценностном выражении и равномерная загрузка монтажного цеха в течение планового периода  $T$  (что обычно и имеет место)<sup>3)</sup> и если при составлении графиков  $\{P_i\}$  умышленно не добивались дезорганизации производства (чего обычно также не бывает), то соблюдение ориентировочных графиков с умеренными отклонениями, как правило, вполне под силу "пропускной способности" цеха.

К сожалению, априорное задание точных и достоверных количественных оценок для реальных заводских условий является здесь практически почти что неосуществимой задачей. Поэтому для подтверждения своих высказываний мы ссылаемся пока только на природу общих статистических закономерностей, на статьи [5] и [6], где это положение рассматривается на основе имитирующей модели, и на существующую практику, где в большинстве случаев средняя загрузка станков цеха в предстоящем плановом периоде (для проверки выполнения плана) вообще не вычисляется и где, кроме того, требования монтажа определяют весьма грубо, но с текущим управлением производства тем не менее справляются.

3) Отметим, что план выпуска заводом готовой продукции обычно не имеет с самого начала формы, пригодной для описанных здесь вычислений, а также для управления работой монтажного цеха. В отношении основной массы  $i$ -х готовых изделий требуется лишь, чтобы их план был выполнен к концу планового периода. Еще требуется, чтобы выпуск завода в ценностном выражении был более или менее равномерным в течение всего планового периода. В принципе этого можно достигнуть равномерным выпуском всех готовых изделий в течение планового периода. Но в условиях мелкосерийного производства равномерный выпуск всех изделий невозможен или, по крайней мере, нера разумен. Он противоречит рациональной организации труда в монтажном цехе. Другими словами,

выпуск различных видов готовых изделий должен быть в течение планового периода неравномерным. Поэтому для того, чтобы план выпуска готовой продукции было удобно взять в основу при непосредственном управлении работой монтажного цеха, естественно привести его прежде всего к соответствующему "неравномерному" виду. Отметим, что здесь будут вполне пригодны графики  $\{P_i\}$ . При их составлении, кроме равномерного выпуска заводом готовой продукции в ценностном выражении, следует иметь в виду и равномерную загруженность всех бригад монтажного цеха. Все эти требования соблюдаются в существующей практике (при "ручном" составлении) очень грубо. Поэтому следует обратить внимание на разработку основанной на применении ЭВМ методики решения этой задачи.

### § 3. Разбивка планового периода

Чем меньше  $t^{\alpha}$  (и больше  $\tau$ ), тем корректнее описанный в § 1 формальный аппарат позволяет записать потребности монтажа и ориентировочные графики, так как в предлагаемой методике ежедневный выпуск продукции и потребности монтажа в течение промежутка времени длиной в  $t^{\alpha}$  рассматриваются постоянными, что в действительности может быть не так. С другой же стороны, с уменьшением  $t^{\alpha}$  (и возрастанием  $\tau$ ) возрастает трудоемкость составления графиков (1) и ориентировочных графиков, и к тому же в случае выдачи ЭВМ "непрерывных" графиков теряется их обозримость. Таким образом, деление планового периода  $T$  на промежутки времени  $t^{\alpha}$  обязательно проводить в результате сопоставления весьма конк-

ретных условий производства и текущего управления как между собой, так и с имеющимися техническими возможностями.

Выдвинем некоторые общие принципы, которых следует придерживаться при делении планового периода  $T$  на более краткие промежутки времени.

Если план выпуска заводом готовой продукции предусматривает равномерный выпуск продукции в течение длительных промежутков времени, то незачем выбирать маленькие значения для  $t^{\alpha}$ .

Если монтаж изделий длится весьма долго и следовательно изготовление деталей происходит с большим опережением относительно выпуска соответствующих изделий, то  $t^{\alpha}$  также необходимо выбирать побольше. (Чем больше опережение относительно выпуска, тем меньше требуется точной согласованности.)

Чем больше партии деталей по сравнению с потребностью в деталях в течение планового периода, тем большими следует выбирать величины  $t^{\alpha}$ . В случае больших партий мы все равно будем иметь дело с большими (по времени) складовыми запасами деталей, и поэтому отпадает потребность в строгом согласовании работы механического и монтажного цехов.

Пока ЭВМ выдает лишь "непрерывные" ориентировочные графики, величина  $\tau$  должна быть строго согласована с возможностями печатающего устройства ЭВМ. Для экономии самого печатания и для дальнейшего применения графиков очень важно, чтобы каждый график помещался в одной строке.

Реальные заводские условия, как правило, весьма "запу-



тани". Некоторые изделия следует выпускать равномерно в течение длительных периодов времени, и планы их (в ряде плановых периодов) мало изменяются. Другие же изделия необходимо выпускать только в особых случаях. Одни детали монтируются в изделия с большим опережением, другие — непосредственно перед выпуском изделий. Одних деталей производят в течение планового периода много партий, других — только одну партию, а порой и совсем не производят.

По вышеизложенным причинам в пределах одного предприятия в общем нецелесообразно ограничиваться лишь одним единственным делением планового периода  $T$  на более короткие промежутки времени. С другой стороны, весьма неудобно иметь одновременно в действии множество различных делений планового периода  $T$ . По-видимому, вернее всего ограничиться двумя (или в крайнем случае тремя) различными делениями — графиками

$$\{T\} = [t^0, \dots, t^\alpha, \dots, t^\zeta]$$

и

$$\{T'\} = [t'^0, \dots, t'^{\alpha'}, \dots, t'^{\zeta'}],$$

где  $\zeta' < \zeta$  и при каждом  $\alpha' = 0, 1, \dots, \zeta'$  найдется  $\alpha = 0, 1, \dots, \zeta$ , так что

$$\sum_{\beta=0}^{\alpha'} t'^{\beta} = \sum_{\beta=0}^{\alpha} t^{\beta}, \quad (7)$$

причем  $\alpha' \leq \alpha$ . График  $\{T\}$  — более детализированный, график  $\{T'\}$  — более грубый.

Согласно этому делению следует разбить на группы все выпускаемые готовые изделия и изготавливаемые детали. Назовем, для простоты, группу изделий и деталей, соответствующую графику  $\{T\}$  - первой, а графику  $\{T'\}$  - второй. Разумеется, в таком делении на группы многое останется условным и поэтому нет смысла давать здесь какие-либо строгие предписания. К тому же, процесс внедрения составленных графиков в практику непременно выявит много технических подробностей, вначале неизвестных, и тогда придется так или иначе перенести многие готовые изделия и детали из одной группы в другую.

Отметим еще, что в случае выдачи ЭВМ "непрерывных" графиков во второй группе следует держать большее количество изделий и деталей, чем после перехода к выдаче ОГ. Причиной этого служит неудобство печатания и дальнейшего использования непрерывных и весьма детализированных графиков.

В связи с делением изделий и деталей на различные группы возникают некоторые дополнительные проблемы. Пусть  $i$ -е готовое изделие принадлежит к первой группе. Если  $j$ -я деталь входит в это изделие с весьма сильным опережением или же партия  $j$ -й детали очень большая, то может оказаться целесообразным включение этой детали во вторую группу. Для таких случаев в нашем формальном аппарате следует определить операцию, позволяющую переходить от более детализированного графика к более грубому.

Пусть  $\{P\}$  - график, соответствующий графику  $\{T\}$ . Угрубленный от  $\{T\}$  к  $\{T'\}$  график  $\{P\}$  обозначим через  $\{P\}(\{T\} \{T'\})$  или, если не возникнет недоразумений, через

$$\{P\}^{\downarrow} = [p^0 \downarrow, p^1 \downarrow, \dots, p^{\zeta} \downarrow].$$

Элементы  $p^{\alpha \downarrow}$  этого графика определим по формуле

$$p^{\alpha \downarrow} = \sum_{\beta=\tau}^{\alpha} p^{\beta},$$

где  $p^{\beta}$  — элементы графика  $\{P\}$ ,

$$\sum_{\beta=0}^{\alpha-1} t^{\beta} = \sum_{\beta=0}^{\tau-1} t^{\beta} \quad \text{и} \quad t^{\alpha} = \sum_{\beta=\tau}^{\alpha} t^{\beta} \quad (\text{см. (7)}).$$

Иногда  $j$ -ая деталь, которую целесообразно отнести к первой группе, требуется, помимо изделий первой группы, в малом количестве также для монтажа  $i$ -го изделия из второй группы. Для таких случаев в нашем формальном аппарате следует определить операцию, позволяющую переходить от более грубого графика к более детализированному. В противном случае нельзя составить ориентировочный график для  $j$ -й детали.

Пусть  $\{P\}$  — график, соответствующий графику  $\{T'\}$ . Детализированный от  $\{T'\}$  к  $\{T\}$  график  $\{P\}$  обозначим через  $\{P\}(\{T'\} \{T\})$  или, если не возникнет недоразумений, через

$$\{P\}^{\uparrow} = [p^0 \uparrow, p^1 \uparrow, \dots, p^{\zeta} \uparrow].$$

Для определения элементов  $p^{\alpha \uparrow}$  этого графика найдем прежде всего величину  $\tau$  из системы

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\beta=0}^{\tau-1} t^{\beta} = \sum_{\beta=0}^{\alpha-\zeta} t^{\beta} \\ t^{\tau} = \sum_{\beta=\alpha-\zeta+1}^{\alpha+\zeta} t^{\beta}, \end{array} \right.$$

где  $\sigma > 0$  и  $\delta \geq 0$ . Теперь

$$p^{\alpha+1} = \begin{cases} t^{\alpha} \frac{p^{\dagger}}{t^{\dagger+1}}, & \text{если } \frac{p^{\dagger}}{t^{\dagger+1}} \geq \frac{p^{\dagger+1}}{t^{\dagger+1+1}} \\ \min \left[ t^{\alpha} \frac{p^{\dagger+1}}{t^{\dagger+1+1}}; \max \left( 0; p^{\dagger} - \frac{p^{\dagger+1}}{t^{\dagger+1+1}} \sum_{\beta=\alpha+1}^{\alpha+\delta} t^{\beta} \right) \right], & \\ & \text{если } \frac{p^{\dagger}}{t^{\dagger+1}} < \frac{p^{\dagger+1}}{t^{\dagger+1+1}}, \end{cases}$$

где  $p^{\dagger}$  — элемент графика  $\{P\}$  и где, ради простоты формул, не соблюдаются также требования целочисленности элементов графика, как и в формулах смещения в § 1.

Отметим, что для сложения различных графиков они должны быть приведены к единому виду (т.е. соответственно углублены или детализированы).

#### § 4. Использование предварительных сведений о выпуске продукции

В практике планирования, кроме точного знания плана выпуска готовой продукции для данного или начинающегося планового периода  $T_1$ , всегда имеются также некоторые предварительные сведения о плане выпуска продукции в плановом периоде  $T_2$ , следующем за  $T_1$ . Рассмотрим, как пользоваться изложенным выше формальным аппаратом при учете этих сведений

и какие дополнительные проблемы могут возникнуть в связи с этим.

По-видимому, для учета сведений о выпуске продукции в периоде  $T_2$  естественнее всего при проведении вычислений взять в качестве исходного планового периода  $T$  не  $T_1$ , а "объединенный" период, включающий в себя оба периода  $T_1$  и  $T_2$ . Следовательно, придется иметь дело с графиком вида

$$\{T\} = [t^0, t^1, \dots, t^{\kappa}, t^{\kappa+1}, \dots, t^{\zeta}], \quad (8)$$

где промежутки времени до  $\kappa$ -ого соответствуют плановому периоду  $T_1$ , а с  $(\kappa + 1)$ -ого до  $\zeta$ -ого —  $T_2$ . (Естественно, что обычно величины  $t^{\beta}$ , где  $\beta > \kappa$ , выбираться больше величин  $t^{\alpha}$ , где  $\alpha \leq \kappa$ ; так что  $\zeta < 2\kappa$ .) В график выпуска заводом готовой продукции

$$\{P_i\} = [p_i^0, \dots, p_i^{\zeta}],$$

где  $i = 1, \dots, I$ , будут включены в этом случае и предварительные данные о плане выпуска продукции в плановом периоде  $T_2$ . Эти данные будут, таким образом, учтены при составлении соответствующих ориентировочных графиков. Следующие ориентировочные графики придется тогда составить, однако, не по истечении планового периода  $T$ , а по истечении периода  $T_1$ , т.е. когда поступит уже окончательный (и уточненный) план выпуска заводом готовой продукции в плановом периоде  $T_2$ . Новый, исходный при вычислениях плановый период  $T^I$  будет тогда состоять из периода  $T_2$  и следующего за ним периода  $T_3$ . Такое положение будет постоянно повторяться.



Если при составлении ориентировочных графиков пользуются фактическими данными об имеющихся запасах  $v_j$  и  $v'_j$  деталей в монтаже и в производстве (выясненных в результате инвентаризации непосредственно перед началом планового периода  $T_2$ ), то в принципе не возникнет никаких осложнений и все вычисления следует проводить по схеме, уже известной из вышележащего.

Большие трудности, однако, связаны с тем, что выяснение и учет запасов  $v_j$  и  $v'_j$  сконцентрируется при этом на весьма короткий промежуток времени (всп. § 2). Поэтому при составлении ориентировочных графиков необходимо "держать курс" на применение не данных инвентаризации, а расчетных данных, накопленных в результате наблюдения за ходом производства в предыдущем плановом периоде (при постоянном составлении ОГ). В принципе тогда можно в течение всего нового планового периода провести множество частных инвентаризаций и, в случае несовпадения их данных со соответствующими расчетными данными, внести поправки в ориентировочные графики.

Отметим, что решение проблемы, можно ли при составлении нового ориентировочного графика принимать за основу расчетные данные или следует исходить из данных инвентаризации, зависит почти только от того, насколько корректно (педантично) в течение планового периода происходит наблюдение за ходом производства и делаются соответствующие расчеты.

До достижения необходимого "уровня корректности" в основу придется принимать данные инвентаризации.

Если ориентировочный график составляется на основе рас-

четных данных, то возникает вопрос об увязке этого графика с графиком, составленным для предыдущего планового периода  $T'$ . Проблема заключается здесь в том, что при составлении графика для периода  $T'$  были использованы не совсем точные и правильные предварительные сведения о плане выпуска готовой продукции в новом плановом периоде. Сделанную при этом ошибку можно, однако, устранить, приняв за основу при определении ориентировочных сроков  $t_{jk}$  (начиная с  $t_{j_1}$ ) вместо графика  $\{g_j\}$  (см. (4), (5)) график

$$\left( \sum_1 \sum_1 (\{P_i\} r_{ij}^1 \rightarrow (1+l_j+l'_j) \{T\}) \right) \Theta (g_j^{\pi^0} + \pi'_j). \quad (9)$$

Здесь  $g_j^{\pi^0}$  - нулевой элемент графика

$$\sum_1 \sum_1 (\{P_i^{\pi}\} r_{ij}^1 \rightarrow (1+l_j+l'_j) \{T^{\pi}\}), \quad (10)$$

где элементы графика

$$\{T^{\pi}\} = [t^{\pi^0}, \dots, t^{\pi^{\tau-\kappa}}]$$

равняются  $t^{\pi^0} = 0$  и  $t^{\pi^{\alpha}} = t'^{\kappa+\alpha}$  ( $\alpha = 1, \dots, \tau - \kappa$ ), а  $t'^{\kappa+\alpha}$  - элементы графика  $\{T'\}$ , соответствующего периода  $T'$ .

График  $\{P_i^{\pi}\} = [p_i^{\pi^0}, \dots, p_i^{\pi^{\tau-\kappa}}]$  представляет использованные при составлении ориентировочных графиков предыдущего планового периода предварительные данные о плане выпуска продукции в новом плановом периоде. Следовательно  $p_i^{\pi^0} = 0$ , а  $p_i^{\pi^{\alpha}} = p_i'^{\kappa+\alpha}$  ( $\alpha = 1, \dots, \tau - \kappa$ ), где  $p_i'^{\kappa+\alpha}$  - соответствующие элементы графика выпуска, использованного при составлении ориен-

тировочных графиков периода  $T'$ . (Отметим, что другие элементы графика (10), кроме  $g_j^0$ , не будут нам нужны, поэтому вычислять их не следует.)

Величина  $m_j'$  в (9) представляет перевыполнение предыдущего графика. В § 2 мы описали определение ориентировочных сроков  $t_{jk}$ . Вспомним, что следующий ориентировочный срок определялся сразу же после поступления сведений о количестве деталей, над которыми была совершена операция, отмеченная предыдущим ориентировочным сроком того же графика.

Следующий ориентировочный срок не определялся, если все элементы графика, которые использовались бы при определении этого срока (см. (5)), оказывались равным нулю. Если же принять за основу "объединенный" плановый период (см. (8)), то определение ориентировочных сроков следует прекратить, если все элементы соответствующего графика до  $\kappa$ -ого включительно равны нулю. Пусть  $t_{jk_0}$  — последний ориентировочный срок, определенный в предыдущем плановом периоде, и  $m_{jk_0}$  — величина соответствующей партии деталей (если график к концу предыдущего планового периода не был выполнен, то  $m_{jk_0} = 0$ ). Тогда

$$m_j' = m_{jk_0} - \sum_{\alpha=0}^{\kappa} g_{jk_0}^{\alpha},$$

где  $g_{jk_0}^{\alpha}$  — элементы того графика, на основе которого был определен срок  $t_{jk_0}$  (см. (5)).

В случае  $m_{jk_0} = 0$ , в (9) может иметь место  $g_j^0 + m_j' < 0$ . Поэтому определенную в § 1 операцию "уменьшение графика на

$v \geq 0$ " следует здесь определить и для случая  $v < 0$ :

$$p^{\alpha} \ominus v = \begin{cases} p^{\alpha} - v, & \text{если } \alpha = 0 \\ p^{\alpha}, & \text{если } \alpha \neq 0. \end{cases}$$

Отметим еще, что если применение расчетных данных вместо данных инвентаризации удастся внедрить в практику уже во время выдачи ЭВМ непрерывных ориентировочных графиков (т.е. до установления непрерывного обмена информацией между производством и ЭВМ), то при помощи ЭВМ следует выдавать не графики (6), а графики

$$\left( \sum_1 \sum_1 (\{P_1\} r_{1j}^1 - (1 + l_j + l_j')) \right) \ominus g_j^{\pi} \quad (11)$$

(ср. с (9)).

Определение величин  $m_j'$  и уменьшение графиков (11) на  $m_j'$  следует в этом случае проводить "вручную". Последнее будет заменять срочное определение и "ручной" учет величин  $v_j$  и  $v_j'$ .

## § 5. Потребности в материалах

Как известно, общая потребность предприятия в материальных ресурсах состоит из многих компонентов: технологической потребности, страховых запасов, материальных ресурсов для ремонтно-эксплуатационных нужд, изготовления технологической оснастки и инструмента, опытных и экспериментальных работ, капитального строительства и прочих нужд.

При расчетах потребности в материальных ресурсах можно выделить два уровня:

1) предварительное определение потребности в материалах на весь плановый год, а также на полугодия и кварталы;

2) текущие расчеты потребности в материалах по заданным промежуткам планового периода (месяцам, декадам).

Предварительные расчеты потребности в материалах проводятся задолго до начала планового года и служат прикидкой к плану материально-технического снабжения.

Пусть план выпуска  $i$ -го готового изделия в рассматриваемом плановом периоде задан величиной  $P_i$ . Если  $j$ -я деталь требуется при монтаже  $i$ -го изделия в количестве  $r_{ij}$  штук, то общая потребность в этой детали в течение планового периода выражается суммой

$$R_j = \sum_i P_i r_{ij}.$$

Предположим, что  $q_{kj}$  является нормой расхода  $k$ -го материала на изготовление  $j$ -й детали. В этом случае общую потребность в  $k$ -м материале для выполнения производственной программы можно представить в виде суммы

$$\sum_j \sum_i P_i r_{ij} q_{kj}.$$

Очевидно, что полученную потребность в материалах нельзя отождествлять с планом материально-технического снабжения. Вычисленные величины характеризуют лишь один компонент общей потребности предприятия в материалах — технологичес-



кую потребность. Корректно вычисленный план должен включать еще материалы, требуемые для ремонта, эксплуатации машинного парка и прочих нужд. Да и при определении технологической потребности эти величины будут служить лишь ориентиром, так как при построении плана следует учитывать изменения величины и структуры незавершенного производства. Все эти вопросы требуют, однако, дальнейшего и более глубокого изучения.

Текущие расчеты потребности предприятия в материалах проводят в течение планового года. Их целью является увязка материально-технического снабжения с процессом выполнения уже окончательно определенной и детализированной производственной программы предприятия.

Пусть производственная программа задана ориентировочными графиками  $\{g_j\}$  запуска  $j$ -х деталей в производство (см., например, (3), (4)). Если  $u_k$  является количеством  $k$ -го материала в механическом цехе, то количественно-временные (технологические) потребности цеха в этом материале характеризуются графиком

$$\left( \sum_j \{g_j\} a_{kj} \right) \ominus u_k.$$

Если обозначить символом  $l_k$  время транспортировки  $k$ -го материала с заводского склада в цех и время подготовки этого материала к последующей обработке <sup>4)</sup>, то график выдачи материалов с заводского склада (для технологических потребностей) представится в виде

$$((\sum_j \{G_j\} a_{k,j}) \rightarrow 1_k) \ominus u_k.$$

4) Время подготовки материала  $M_k$  к обработке следует включать в величину  $1_k$  лишь в том случае, если оно одинаково для всех деталей, в которых этот материал применяется. В противном случае подготовку материала рекомендуется включать в производственный цикл обработки детали в качестве первой (нулевой) операции.

Определив величину  $1'_k$  как сумму времени обработки  $k$ -го материала на заводском складе и страхового опережения, связанного с возможными отклонениями от заданного графика поступления материалов на заводской склад (это все вполне аналогично определению сроков опережения запуска деталей в производство), и учитывая наличие запасов  $u'_k$  материала  $M_k$  на заводском складе, мы получим (ориентировочный) график, который следует соблюдать при снабжении предприятия  $k$ -м материалом:

$$((\sum_j \{G_j\} a_{k,j}) \rightarrow (1_k + 1'_k)) \ominus (u_k + u'_k).$$

Качественное выяснение количественно-временных потребностей предприятия в материалах является с технической и практической стороны исключительно трудоемкой задачей и предполагает существование на заводе надежной системы информации. Наибольшие трудности возникнут при реализации расчетов текущей потребности в материалах.

Дело, однако, в том, что расчеты на обоих уровнях по обоим алгоритмам легко подключаются к описанной выше методике по-

строения ориентировочных графиков потребности в деталях, пользующейся такими же алгоритмами и в основном теми же начальными данными. В этом случае техническая (или вообще практическая) реализуемость алгоритмов на достаточно мощной ЭВМ не должна вызывать сомнений. Но при этом следует учесть, что к детальной разработке путей технической (и практической) реализации задач второго уровня (т.е. текущих расчетов), да и вообще к более подробному рассмотрению этой проблемы, не следует приступать до окончательного внедрения на предприятии методики составления графиков потребности в деталях (тем более, что в качестве исходных данных к расчетам нам приходится пользоваться результатами, полученными при помощи именно этой методики).

Сказанное не относится, правда, к расчетам на первом уровне. Относительная немногочисленность исходных данных и выдаваемых результатов (предварительный план материально-технического снабжения требует детализации номенклатуры материалов, но не их специфицирования по маркам, сортам, типам и размерам), простота алгоритма дают возможность реализовать расчеты при наличии качественной начальной информации параллельно с расчетами ориентировочных графиков (или даже раньше их).

Вполне ясно, что из схожести алгоритмов и частичного совпадения исходных данных расчетов потребности в материалах и аналогичных расчетов по деталям и изделиям следует также схожесть некоторых проблем, возникающих при их реализации. Речь идет о проблеме "непрерывности" графиков и

о противоречии между их содержательностью и обозримостью. Исходя из этой схожести и краткости изложения, мы не будем подробно останавливаться на этих проблемах. Отметим лишь, что на заводе придется столкнуться с огромным количеством материалов различных наименований, марок и размеров, с большой применяемостью одних материалов и с уникальностью других. Поэтому особое внимание, на наш взгляд, следует уделить проблеме обозримости расчетных данных с вытекающими из нее проблемами деления материалов на две или более группы (в зависимости от требуемой точности расчетов) и углубления или детализации выдаваемых графиков.

#### § 6. Загруженность оборудования

Качественное текущее управление производством предполагает определенное "предвидение", предупреждающее о предстоящих вероятных трудностях при выполнении плана, а также заблаговременно указывающее на неиспользованные резервы. Здесь незаменимую роль играют различные усредненные показатели, характеризующие "среднее положение вещей" в цехе в течение всего планового периода. Кроме того, усредненные показатели являются основной информацией, которую получают "с мест" вышние ступени управления. Без этих показателей никакого управления стихией на более низких ступенях (см. [7]) достигнуть невозможно, оно превратится



в голое администрирование.

Отсюда вытекает, что качественное определение различных усредненных показателей (на ЭВМ) является необходимой предпосылкой качественного управления.

Одними из наиболее важных усредненных показателей для механического цеха являются средние коэффициенты загруженности оборудования, вычисленные для всех групп взаимозаменяемых станков. Разумеется, взаимозаменяемость станков редко бывает полной и является, как правило, только более или менее частичной. Поэтому всякая группировка станков будет в известной степени условной. В частности, естественно иметь в виду одновременно несколько группировок, при этом более или менее детализированных. Все это зависит от конкретной цели, для которой требуются данные. Например, чем выше степень управления, тем менее детализированной может быть группировка станков. Множество группировок, однако, не вызывает заметных затруднений. Если вычисления загруженности совершены для наиболее детализированной группировки, то в целях определения коэффициентов загруженности для других группировок требуются лишь считанные арифметические операции.

Пусть  $P_i$  — план или предлагаемый вариант плана  $i$ -го изделия в плановом периоде  $T$ . (Здесь  $T$  или совпадает с плановым периодом, для которого составлялись ориентировочные графики в § 1 — § 3, или кратен ему.) Соответствующий объем работ на  $s$ -ой группе оборудования равен

$$R_s = \sum_j \sum_i P_i r_{ij} \tau_{js},$$



где  $r_{ij} = \sum_1^1 r_{ij}^1$  (см. (I)) - количество  $j$ -х деталей в  $i$ -м изделии, а  $\tau_{js}$  - нормативное время обработки одной  $j$ -й детали на  $s$ -ой группе. С определением  $R_s$  основные вычислительные работы завершены. Теперь, в зависимости от потребности, легко определить несколько различных коэффициентов загрузки:

$$k_{s1} = \frac{R_s}{f_s},$$

$$k_{s2} = \frac{R_s}{n_s f_s},$$

$$k_{s3} = \frac{R_s}{f_s - r_s},$$

$$k_{s4} = \frac{R_s}{n_s (f_s - r_s)}.$$

Здесь  $f_s = m_s F_s$ , где  $m_s$  - произведение количества станков в  $s$ -ой группе со средней сменностью работы в группе, а  $F_s$  - календарный фонд времени в периоде  $T$  (при одной смене).

Далее,  $n_s$  - средний коэффициент выполнения норм в группе и  $r_s$  - продолжительность планового ремонта станков  $s$ -ой группы (дни, умноженные на сменность в группе).

Отметим, что нет смысла давать заранее какие-нибудь жесткие предписания о том, как пользоваться этими коэффициентами в текущем управлении производством. Всевозможные конк-

ретные цеховые условия скрывают в себе столько вполне конкретных возможностей, а также конкретных неполадок, что априорные (и поэтому сильно идеализированные) предписания здесь будут скорее всего только мешать управлению производством. Практики производства, если они привыкли к коэффициентам загрузки, сами лучше всего научатся пользоваться ими в своей повседневной работе. В дальнейшем здесь, разумеется, следует заняться накоплением и обобщением опыта. Эта задача будет в центре внимания в связи с внедрением и последовательным усовершенствованием системы наблюдения за ходом производства посредством ЭВМ (см. [7] и § 6 гл. III этой работы).

Некоторые возражения могут возникнуть на том основании, что при определении коэффициентов загрузки оборудования не учитываются времена опережения, а также имеющиеся запасы деталей и заготовок. Однако эти данные - очень важные при составлении номенклатурной производственной программы цеха и ориентировочных графиков - при вычислении загрузки оборудования в основном теряют свое значение. Дело в том, что по "объему", по трудоемкости различия практически малы, хотя сами работы, которые надо было выполнить в предыдущем плановом периоде с опережением, чтобы обеспечить выполнение плана данного периода, как правило, по содержанию во многом отличаются от работ, совершаемых в данном периоде для последующего периода. К тому же, учет времен опережения и имеющихся запасов при определении коэффициентов загрузки во много раз увеличит объем вычислительных работ. Весь-

ма сомнительно, что это увеличение "скомпенсруется" достигаемым уточнением коэффициентов загрузки. (Отметим еще, что ориентировочные графики также не будут точно соблюдаться. Таким образом, "абсолютная" точность все равно останется недостижимой.) Эта проблема все же заслуживает более подробного исследования, но только после внедрения ориентировочных графиков и системы наблюдения за ходом производства. Пока можно лишь ограничиться рассуждениями весьма субъективного плана.

Отметим, что вычисления загрузки в вышеизложенном виде можно внедрить до введения ориентировочных графиков, в то время как "уточненные" вычисления предполагают предварительное внедрение графиков.

Все, что было сказано выше о загрузке станков механического цеха, почти дословно относится и к загрузке, вообще говоря, рабочих мест монтажного цеха, если вместо изготовления деталей говорить о монтаже узлов или готовых изделий. (О вычислениях загрузки оборудования см. также, напр., в [3].)

## § 7. Вычисление зарплаты

Одной из наиболее трудоемких и срочных вычислительных работ на производстве является вычисление зарплаты. Если ЭВМ внедряется в текущее управление производством и между произ-

водством и ЭВМ создана тесная взаимосвязь, то будет естественным внедрение ЭВМ и для выполнения этой работы.

Разумеется, вычисление зарплаты является в сущности глубоко технической работой, результат которой строго регламентирован законом. В этом смысле здесь всякая "творческая фантазия" противоречит уголовному кодексу. В таких условиях творческий подход требуется для того, чтобы при данных технических ограничениях наиболее экономно, срочно и без всяких отклонений достигнуть требуемого строго регламентированного законом результата.

Такая задача является, однако, совершенно конкретной, определяемой конкретными условиями и конкретными техническими возможностями, поэтому говорить об общих положениях в данном случае трудно.

И поскольку в этой работе нет смысла переписывать страницами законодательство по определению зарплаты (об этом см., напр., в [9, 10, 11]), то здесь остается нам сказать лишь очень немного.

Отметим, во-первых, что вычисление зарплаты требует весьма больших массивов исходных данных и вообще хорошо поставленного и педантично точного обмена информацией между заводом и ВЦ. Поэтому едва ли стоит внедрять ЭВМ для вычисления одной лишь зарплаты, необходимо иметь в виду обширный комплекс вычислительных работ, требующих ту же исходную информацию. Следовательно механизация вычисления зарплаты на ЭВМ не только здесь рассматривается как средство, делающее требуемую для текущего управления производством информационную



систему более рентабельной, но ее, по-видимому, вообще нельзя рассматривать в отрыве от механизации текущего управления.

Но и в этом "обширном комплексе работ" с вычислением зарплаты связано немало трудностей, ибо оно требует в виде исходных данных цены всех отдельных технологических операций, которые не нужны, например, при составлении ориентировочных графиков производства. Кроме того, если при текущем управлении производством, при вычислении загруженности оборудования и пр. не требуется особой точности расчетов и можно, например, уменьшать количество информации путем "агрегирования" данных о нескольких совершаемых подряд на одном и том же станке операциях, то при вычислении зарплаты это недопустимо. Тем самым вычисление зарплаты предъявляет довольно жесткие дополнительные требования к качеству системы информации и делает массивы данных более громоздкими и неудобными для других вычислений.

Основной целью, преследуемой при определении структуры машинного алгоритма для вычисления зарплаты на ЭВМ, является достижение

1) экономности системы обмена информацией между внутренними и внешними запоминающими устройствами ЭВМ, ибо именно с этим связана здесь наибольшая затрата машинного времени при проведении вычислений, и

2) достоверности результатов. Последнего, то есть достоверности результатов, в принципе легко достигнуть путем разделения вычислений на однотипные самостоятельные части, что допускает частичное повторение вычислений. Для контроля, по-



видимому, лучше всего было бы положить в основу такого разделения вычисление зарплаты отдельному рабочему. Это, однако, противоречит п. I, так как, например, исходные данные о сделанных работах, как правило, поступают упорядоченными не по отдельным рабочим, а по рабочим нарядам. Здесь, очевидно, требуется найти какой-то определенный конкретными условиями компромисс, где вначале вычисления делятся на однотипные части по рабочим нарядам, а далее уже по отдельным рабочим.

Отметим, что алгоритм вычисления зарплаты исключительно усложняется из-за различных предусматриваемых законом, но весьма редко встречающихся в практике частных случаев. Поэтому немалый положительный эффект может быть достигнут соответствующей "ручной" обработкой информации до поступления ее в ЭВМ. (После машинных расчетов ручная обработка нежелательна, так как ЭВМ может печатывать сразу готовые зарплатные ведомости.)

В связи с вычислением зарплаты необходимо подчеркнуть еще одно немаловажное обстоятельство. Мы имеем в виду возможные изменения в законодательстве. Алгоритмы вычислений как и вся система программ должны быть построены по такому принципу, чтобы и в них можно было срочно ввести соответствующие изменения.

Из вычислений, требующих также в виде исходных данных цены всех отдельных операций, можно отметить определение себестоимости продукции. Кроме вышеуказанных цен, здесь потребуются еще цены всех видов материалов. Эти вычисления относительно редки и несрочны. Их следует проводить на ЭВМ толь-

ко в том случае, если уже внедрено (или внедряется) вычисление зарплаты на ЭВМ. В этом случае эта работа уже не будет связана с особыми техническими трудностями. Осложнить вычисления может здесь единственно то, что данные о монтаже одних изделий в другие могут быть упорядочены в неудобном для этих вычислений виде (см. гл. II § 1).

## Г л а в а II

### И С Х О Д Н Ы Е    Д А Н Н Ы Е

#### § I. Списки применяемости

Основная информация о монтаже готовых изделий, которая требуется для проведения описанных в гл. I расчетов, заключена в величинах  $r_{ij}^1$ , указывающих, сколько  $j$ -х деталей необходимо для монтажа  $i$ -го готового изделия с опережением  $l$  (дней). Если иметь в виду обычные заводские условия, то  $r_{ij}^1$  составят огромный массив данных (даже несмотря на то, что подавляющее большинство величин  $r_{ij}^1$  равно нулю и их можно не рассматривать).

Хранение этого огромного массива данных и его применение при расчетах требуют продуманной и работающей с педантичной точностью системы, так как этот массив в результате постоянного совершенствования конструкции изделий и дополнения номенклатуры выпускаемой заводом готовой продукции находится в постоянном изменении.

При упорядочении величин  $r_{ij}^1$  покажется естественным, что исходить следует прежде всего из номеров  $j$  деталей, так

как потребности монтажа и графики для механического цеха связаны именно с деталями. Данные о  $j$ -й детали можно хранить, например, в следующем порядке:

$$\begin{array}{ccc}
 j & s_j & \\
 i_1 & r_{i_1} & l_{i_1} \\
 i_2 & r_{i_2} & l_{i_2} \\
 \dots & \dots & \dots \\
 i_{s_j} & r_{i_{s_j}} & l_{i_{s_j}}
 \end{array} \quad (12)$$

Здесь  $i_1, i_2, \dots, i_{s_j}$  - номера готовых изделий, в которые входит  $j$ -я деталь,  $r_{i_j}$  - соответствующие количества этой детали и  $l_{i_j}$  - опережения. Для простоты здесь и далее, где это не приведет к двоякому пониманию, мы не будем приписывать рассматриваемым величинам всех "принадлежащих им" индексов. В частности, в данном случае для полной корректности надо было бы задать номера готовых изделий в виде  $i_{j_1}, i_{j_2}, \dots, i_{j_{s_j}}$ . Отметим еще, что если одна и та же  $j$ -я деталь требуется на нескольких разных этапах монтажа  $i$ -го готового изделия, т.е. с различными временами опережения, то в (12) этому изделию следует отвести соответственно несколько строк.

Назовем (12) списком применяемости  $j$ -й детали, точнее - списком применяемости детали относительно готовых изделий, и обозначим его через СП (или СП( $\Gamma$ )). Для составления ориентировочных графиков производства СП( $\Gamma$ ) является, пожалуй, наилучшим способом хранения массива величин  $r_{i_j}^1$ . Для вычисления, например, количественно-временных потребностей монтажа в  $j$ -й

детали следует ввести во внутреннюю память ЭВМ СП(Г) этой детали и графики выпуска готовой продукции  $\{P_i\}$  и сразу же можно вычислять график

$$\sum_{i=1}^{s_j} (\{P_{i_s}\} r_{i_s} \rightarrow l_{i_s}).$$

Весьма серьезные трудности возникают, однако, в другом плане. Дело в том, что СП(Г) совершенно не отражает генезиса величин  $r_{ij}^1$ , то есть откуда и как они получаются. Основой при определении величин  $r_{ij}^1$  служит ведь процесс монтажа готовых изделий с его делением на различные этапы и определенной последовательностью монтирования деталей и смонтированных из них узлов в эти изделия. Кроме того, все конструктивные изменения готовых изделий отражаются в изменениях величин  $r_{ij}^1$ , опосредованно через соответствующие изменения опять же процесса монтажа готовых изделий. И именно этот процесс монтажа в СП(Г) почти совсем не отражается.

Это приводит к тому, что хранение массива величин  $r_{ij}^1$  в памяти ЭВМ (на магнитной ленте) в виде СП(Г) очень затрудняет нахождение неисправностей в нем, а также связано с обилием "ручного" труда при приведении данных об изменениях в монтаже к виду, пригодному для введения их в СП(Г). Последнее, как правило, порождает множество труднонаходимых ошибок.

Есть еще одно немаловажное обстоятельство, учесть которое при СП(Г) практически почти невозможно. Дело в том, что на заводах вообще нельзя провести резкую черту между гото-



выми изделиями и узлами или даже деталями, ибо план выпуска заводом готовой продукции может иногда включать в себя также различные узлы и детали (запчасти, межзаводское кооперирование), выступающие в этом случае в качестве готовых изделий. (В этом смысле незачем придерживаться терминологических различий между деталями, узлами и готовыми изделиями, и мы будем называть их просто изделиями.)

Изложенные обстоятельства можно учесть, если вместо  $СП(T)$  составить списки непосредственной применяемости (обозначим через  $СП(N)$ ), где для каждого изделия хранятся не опосредованные данные о его монтировании в готовые изделия, а данные о непосредственном монтировании его в другие изделия. Следовательно, если  $j_0$ -ое изделие непосредственно монтируется в количестве  $r_1$  и с опережением  $l_1$  в  $j_1$ -ое изделие, а последнее в количестве  $r_2$  и с опережением  $l_2$  в  $j_2$ -ое изделие, то в  $СП(N)$  хранят данные  $r_1, r_2, l_1, l_2$ . Тогда можно вычислить опосредованные данные  $r_{02}$  и  $l_{02}$ , указывающие количество и опережение  $j_0$ -го изделия в  $j_2$ -ом изделии:

$$r_{02} = r_1 r_2, \quad l_{02} = l_1 + l_2.$$

Детали отличаются от всех изделий тем (и только тем), что они не встречаются в  $СП(N)$  других изделий, а для готовых изделий (в прежнем смысле) характерно то, что они не имеют  $СП(N)$  или — что то же самое — их  $СП(N)$  является пустым.

$СП(N)$  для  $j$ -ого изделия может быть записан в следующем виде:

$$\begin{array}{cccc}
 j & s_j & & \\
 i_1 & d_{i_1} & r_{i_1} & l_{i_1} \\
 i_2 & d_{i_2} & r_{i_2} & l_{i_2} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 i_{s_j} & d_{i_{s_j}} & r_{i_{s_j}} & l_{i_{s_j}}
 \end{array} \quad (13)$$

Здесь  $i_1, \dots, i_{s_j}$  — номера изделий, в которые  $j$ -ое изделие монтируется непосредственно. Величина  $d_i$ , обозначающая наличие СП(Н) у  $i$ -ого изделия (например,  $d_i = 0$ ) или его отсутствие ( $d_i = 1$ ), введена для технического облегчения вычислений.

Разумеется, процесс составления ориентировочных графиков при СП(Н) намного сложнее, чем при СП(Г), так как в первом случае величины  $r_{ij}^1$  придется вычислять, а данные для вычислений искать по всему массиву СП(Н).

Рассмотрим алгоритм составления планов-графиков потребления изделий в монтаже при СП(Н). Пусть заданы план выпуска готовой продукции в виде графиков  $\{P_i\}$ ,  $i \in [I]$  и список номеров изделий  $j_1, j_2, \dots, j_k, \dots, j_K$ , для которых требуется составить планы-графики (среди этих изделий могут быть и узлы). Алгоритм описан на схеме 1. Для вычисления  $\{G_j\}$  по ходу работы алгоритма составляется вспомогательно полный список применяемости  $j$ -го изделия, включающий изделия с номерами  $i_1, i_2, \dots, i_t, \dots, i_T$ , из которого изделия с номерами  $i_t \in [I]$  одновременно выбираются в другой список.

Основная трудность технической реализации алгоритма



возникает в связи с многократным повторением поиска СП(Н) изделий (как правило, из внешней памяти машины). Трудно дать какие-нибудь общие советы для облегчения этой работы. Все зависит от конкретных условий на заводе и конкретной ЭВМ. Можно посоветовать составить, например, т.н. "шкалу СП", в которой наряду с номером  $i$  изделия дается "адрес"  $\alpha_i$  его СП. В качестве "адреса" может служить номер первой ячейки соответствующего СП во внешней памяти. Поиск нужного СП будет в этом случае состоять из двух этапов: на первом этапе по номеру  $i$  изделия находят  $\alpha_i$  в "шкале СП", на втором этапе нахсчит по этому адресу сам список применяемости.

Вторым неудобством формы записи информации в виде СП(Н) (впрочем, как и массива СП(Г)) является то, что в этом случае ЭВМ нельзя использовать при учете незавершенной продукции, если требуется вычислить, сколько изделий различных видов имеется в определенном количестве находящихся в монтаже (или на складах) узлов. Вообще говоря, трудности возникают там, где требуется "качественная определенность" изготавливаемых в отдельности изделий, где вычисления направлены "от более сложных изделий к более простым" (например, при определении себестоимости какого-то изделия). Исходя именно из этой направленности, составлены на заводе и узловые спецификации, являющиеся основой при составлении СП.

Все это в определенной мере ограничивает возможность использования информации о монтаже в виде СП для практической работы. Если сравнить между собой СП(Н) и СП(Г), то в общем

предпочтение следует отдать СП(Н), как более надежному в отношении ошибок и допускающему большую механизацию вычислений. А в тех случаях, когда схемы монтажа изделий достаточно просты и конструкция изделий с течением времени изменяется незначительно, а также если к качеству вычислений не предъявляется высоких требований или ЭВМ недостаточно мощна, можно применять и СП(Г). Простота и экономность обращения с такой информацией при составлении ориентировочных графиков могут полностью компенсировать описанные выше недостатки.

## § 2. Монтажные схемы

Рассмотрим, какие проблемы возникают при упорядочении информации о монтаже изделий по принципу, обратному тому, который использовался в предыдущем параграфе, т.е. не по принципу "от простого изделия к сложному", а по принципу "от сложного изделия к простому", позволяющему лучше отразить качественную определенность изделий, то есть то, из чего они состоят.

Разумеется, здесь остается в силе требование, чтобы новая форма записи отражала также и генезис величин  $r_{ij}$  и  $i_{ij}$ . При учете этого требования данные о монтаже  $i$ -го изделия, его монтажную схему можно, аналогично (13), хранить в следующем порядке:



$$\begin{array}{cccc}
 i & s_1 & & \\
 j_1 & \sigma_{j_1} & r_{j_1} & l_{j_1} \\
 j_2 & \sigma_{j_2} & r_{j_2} & l_{j_2} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 j_{s_1} & \sigma_{j_{s_1}} & r_{j_{s_1}} & l_{j_{s_1}}
 \end{array} \quad (14)$$

Здесь  $j_1, j_2, \dots, j_{s_1}$  - номера изделий, которые монтируются непосредственно в  $i$ -ое изделие. (Следовательно, если  $j$ -ое изделие монтируется в  $j_s$ -ое изделие, а последнее - в  $i$ -ое изделие, то (14) не содержит данных о  $j$ -ом изделии.) Величины  $r_{j_s}$  и  $l_{j_s}$  - соответствующее количество  $j_s$ -ых изделий и опережение относительно срока изготовления  $i$ -го изделия. Величина  $\sigma_j$  обозначает, является ли  $j$ -ое изделие деталью (напр.,  $\sigma_j = 0$ ) или нет ( $\sigma_j = 1$ ). Она введена для удобства применения массивов данных при вычислениях. Монтажные схемы в виде (14), где в списке хранятся только изделия, непосредственно монтируемые в  $i$ -ое изделие, обозначим через  $MC(i)$ . Детали характеризуются при этом тем, что они не имеют  $MC(i)$  (она является пустой), а для готовых изделий характерно то, что они не встречаются в  $MC(i)$  других изделий.<sup>5)</sup>

<sup>5)</sup> Под количественно-временной потребностью завода в деталях (узлах) мы понимаем потребность в изготавливаемых на этом заводе деталях (узлах). Поэтому включаемые обычно в узловые спецификации покупные узлы и детали, а также детали и узлы, поступающие на завод с других предприятий в порядке кооперации, следует отнести к материалам (тем более, что снабжение произ-

водства такими деталями и узлами касается больше материально-технического снабжения, чем самого производства). В связи с этим разделение продукции завода на узлы и детали у нас и на заводе может несколько различаться. К деталям мы относим здесь и в дальнейшем не имеющие монтажной схемы изделия. Поэтому в раздел деталей у нас может войти и узел, состоящий полностью из покупных и кооперируемых деталей и узлов (так как его узловая спецификация включается полностью в перечень материалов).

Пусть задан перечень номеров  $i_1, i_2, \dots, i_K$  изделий, подлежащих выпуску в последующем плановом периоде. Обозначим через  $[I]$  совокупность номеров изделий, количественно-временные потребности монтажа в которых подлежат выяснению. Процесс проведения соответствующих вычислений можно изобразить схемой 2. Здесь  $\{g_j\}$ , где  $j \in [I]$  – вычисляемые графики, а  $\{0\}$  – график с только нулевыми элементами. Легко увидеть, что этот алгоритм весьма схож с аналогичным алгоритмом, исходящим из СП(Н). Здесь так же, как и в предыдущем алгоритме, составляется вспомогательный массив, на этот раз монтажная схема  $i$ -го изделия, включающая данные о всех изделиях, которые в него входят.

Основные трудности при технической реализации алгоритма возникают в связи с требуемым для вычисления (генерирования) величин  $g_{ij}$  и  $l_{ij}$  многократным повторением поиска монтажной схемы  $i$ -ого изделия в массиве МС(Н). По аналогии с СП(Н) для облегчения этого поиска можно порекомендовать составить шкалу МС изделий. В пользу массива МС(Н) говорит обстоятельство, что здесь меньше поиска, чем при СП(Н), ибо количество изделий с пустой МС(Н) (т.е. деталей) больше количества изделий с пустым СП(Н) (т.е. готовых изделий). Но зато все

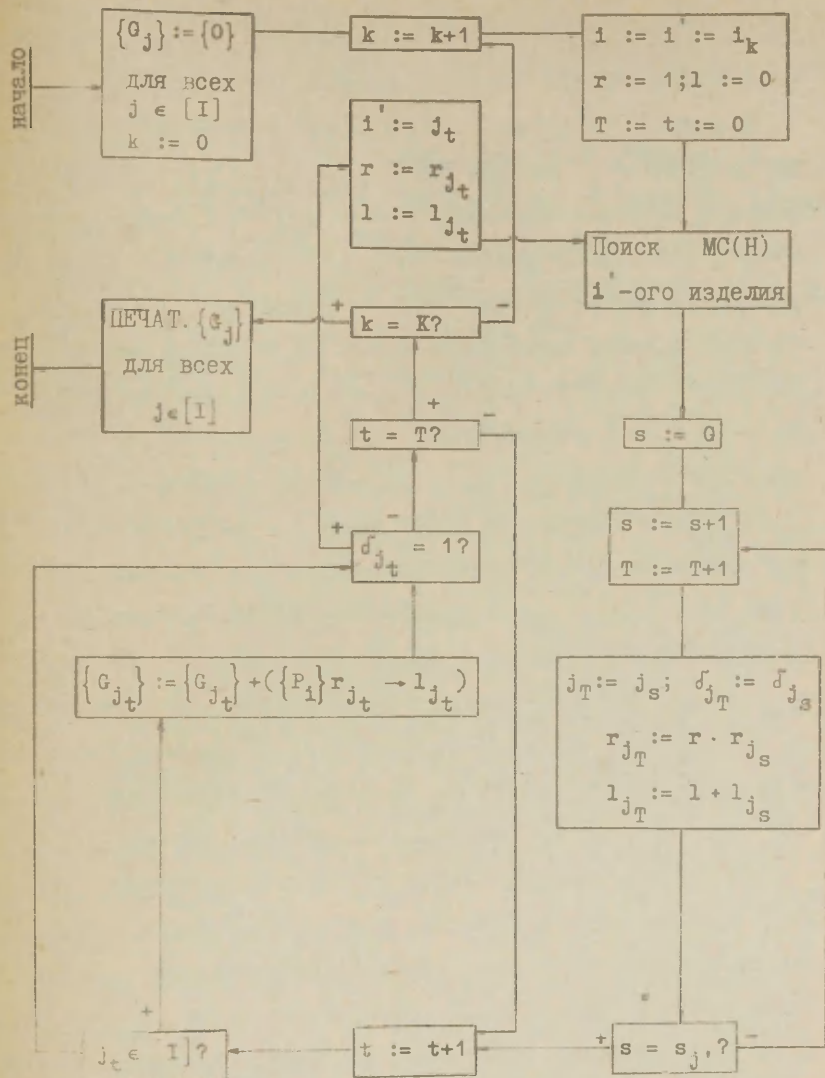


Схема 2

графики  $\{G_j\} (j \in [I])$  вычисляются при  $MC(H)$  "параллельно", что вызывает немало хлопот с массивом графиков  $\{G_j\}$ .

В связи с тем, что в случае использования при вычислении графиков  $\{G_j\}$  массива  $MC(H)$  много машинного времени теряется на поиск монтажных схем отдельных изделий (см. схему 2), возникает вопрос о таком упорядочении данных, которое позволило бы уменьшить объем поиска. В принципе достигнуть этого легко путем составления полных монтажных схем  $MC(P)$  изделий. Здесь для  $j_0$ -го изделия записаны данные о всех (и непосредственно, и опосредованно) монтируемых в него изделиях  $j_1, j_2, \dots, j_s$ . Таким образом,  $MC(P)$   $j_0$ -го изделия является в то же время и совокупностью полных монтажных схем всех монтируемых в  $j_0$ -ое изделие изделий  $j_1, \dots, j_s$ . При этом естественно потребовать такого порядка записи данных в  $MC(P)$   $j_0$ -го изделия, что если  $j_{s+t}$ -ое изделие монтируется в  $j_s$ -ое изделие, то и изделия  $j_{s+1}, \dots, j_{s+t-1}$  также монтируются в  $j_s$ -ое изделие. Другими словами, здесь требуется, чтобы  $MC(P)$ , включенная в  $MC(P)$  другого изделия, не имела бы никаких "дырок".

При составлении  $MC(P)$  естественно взять за основу готовые изделия, так как они не входят в монтажные схемы других изделий. Если  $j_1$ -ое изделие монтируется в  $j_0$ -ое готовое изделие, то его  $MC(P)$  будет задана только внутри  $MC(P)$   $j_0$ -го изделия, причем все количества  $r$  изделий и опережения  $l$  в  $MC(P)$   $j_1$ -го изделия следует задать относительно  $j_0$ -го изделия. Если  $j_1$ -ое изделие монтируется в разные готовые изделия или же в одно готовое изделие на

разных этапах монтажа, то его МС(П) будет встречаться в массиве всех МС(П) многократно. За счет этого массив всех МС(П) удлинится.

Каким по величине будет это удлинение и окупится ли оно выгодой от применения МС(П) вместо МС(Н), зависит от конкретной обстановки. В определенных случаях можно говорить даже о "смешанной" системе хранения данных, где одна часть их хранится в виде МС(П), а другая - в виде МС(Н).

Представим один способ записи МС(П) для  $j_0$ -го готового изделия:

$$\begin{array}{cccc} j_0 & \sigma_{j_0} - \mu_{j_0} & r_{j_0} & l_{j_0} \\ j_1 & \sigma_{j_1} - \mu_{j_1} & r_{j_1} & l_{j_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ j_{s_0} & \sigma_{j_{s_0}} - \mu_{j_{s_0}} & r_{j_{s_0}} & l_{j_{s_0}} \end{array}$$

Здесь  $r_{j_0} = 1$  и  $l_{j_0} = 0$ . Если  $j$ -ое изделие является деталью (ее МС пуста), то  $\sigma_j = 0$ , в противном случае  $\sigma_j = 1$ . Величина  $\mu$  обозначает окончание монтажной схемы. Так как одни МС(П) содержат другие, то  $j$ -ое изделие может оказаться последним одновременно в 0, 1, 2, 3, ... схемах. Тогда и величина  $\mu_j$  соответственно равна 0, 1, 2, 3, ...

Опишем процесс выяснения количественно-временных потребностей в изделиях  $j \in [I]$  для выполнения плана выпуска готовой продукции, заданного в виде планов-графиков  $\{P_{j_{t_k}}\}$ , где  $k = 1, \dots, K$ . При этом для общности предположим, что  $j_{t_k}$  не должны быть обязательно готовыми изделиями, т.е. теми изде-



лиями,  $MC(P)$  которых не входят больше ни в какую другую  $MC(P)$  и которые взяты за основу при составлении массива  $MC(P)$ , и что, кроме того, могут иметь место также случаи  $j \in [I]$ . Вычисления можно провести по схеме 3.

Здесь при поиске, объем которого в данном случае значительно уменьшится, уже необходимо пользоваться соответствующей шкалой с адресами  $MC(P)$ , ибо  $MC(P)$ , входящие в другие  $MC(P)$ , как правило, не могут быть упорядочены по номерам изделий. Отметим еще, что если  $MC(P)$  данного изделия встречается в общем массиве  $MC(P)$  многократно, то это должно быть отмечено также в шкале, хотя для вычисления графиков достаточно знать адрес только одной  $MC(P)$  каждого изделия. Дело в том, что в противном случае затрудняется введение в  $MC$  данных об изменениях в конструкции изделий. Это непременно приведет к ошибкам.

Основным неудобством описанного алгоритма (впрочем, как и алгоритма, исходящего из  $MC(H)$ ) является то, что мы переходим здесь от одного готового изделия к другому. Графики  $\{G_j\}$  в готовом виде мы получим лишь после проведения всего вычислительного процесса. Это весьма усложняет решение проблемы контроля правильности хода вычислений и повторения вычислений при ошибке.

Кроме того, графики  $\{G_j\}$  требуются на каждом шагу вычислений в весьма неупорядоченной последовательности. Это приводит к частому обращению к внешним запоминающим устройствам машины, так как графики из-за их большого количества, как правило, не все сразу умещаются во внутренней

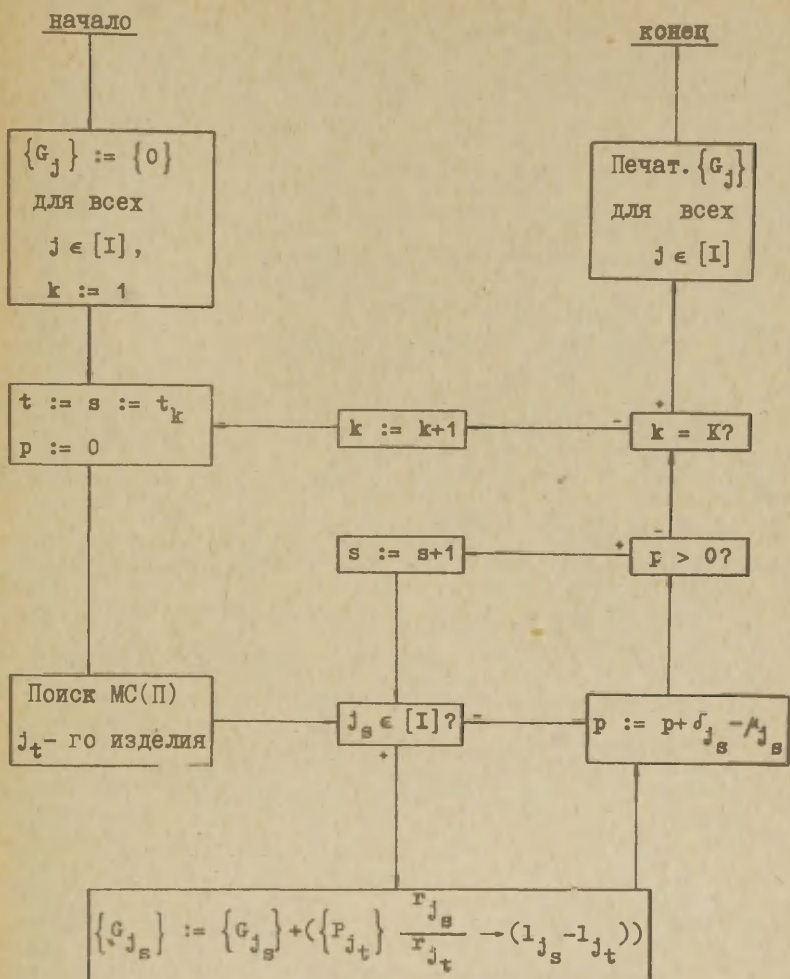


Схема 3

памяти ЭВМ.

В этом отношении массив СП выгодно отличается от массива МС. Используя информацию о монтаже в виде СП, мы переходим от одного изделия  $j$  к другому, получая на каждом шагу готовый график  $\{G_j\}$ . В этом случае, как правило, количество используемых в неупорядоченной последовательности графиков выпуска  $\{P_i\}$  не настолько велико, чтобы вызвать технические трудности при реализации алгоритма на ЭВМ. Кроме того, вычисление графиков  $\{G_j\}$  по одному позволяет просто решить проблему контроля правильности вычислений и исправления ошибок. По этой причине вопрос о том, что предпочтительнее при хранении данных о монтаже изделий, МС или СП, заслуживает внимательного изучения в каждом конкретном случае.

Весьма приемлемым может оказаться и использование массива МС в комплексе с массивом СП. Информация хранится в виде МС (например  $MC(H)$ ), в которых отражается генезис и содержится "качественная определенность" информации. При вычислении же графиков  $\{G_j\}$ , не требующем, как правило, ни знания генезиса, ни "качественной определенности" всех узлов пользуются массивом  $СП(\Gamma)$ . При этом массив  $СП(\Gamma)$  составляется каждый раз перед вычислениями заново, исходя из  $MC(H)$ , в который перед этим вносятся происшедшие изменения и поправки. (Отметим, что под готовыми изделиями ( $\Gamma$ ) мы понимаем здесь изделия, подлежащие выпуску в предыдущем плановом периоде. Такое понимание несколько отличается от используемого выше.) Алгоритм построения  $СП(\Gamma)$  на основе  $MC(H)$  весьма аналогичен алгоритму на схеме 2, поэтому мы не будем здесь

останавливаться на нем подробнее.

Некоторые возражения может вызвать то обстоятельство, что вышеописанный способ вычисления графиков  $\{G_j\}$  по существу почти не отличается от способа их вычисления, исходя из МС без промежуточного составления СП, и кажется при этом более сложным. Но здесь следует помнить, что вычисление графиков требует, как правило, довольно оперативной и быстрой обработки информации. И вся суть дела в том, что, используя массив МС в комплексе с СП, мы разбиваем процесс вычислений на два относительно независимых этапа, причем первый из них — составление СП, исходя из МС, и контроль ее правильности — можно провести уже заранее. Ведь для составления СП(Г) нам надо знать лишь номенклатуру продукции, выпускаемой в предыдущем плановом периоде. А ее мы знаем уже в виде предварительных данных о планах будущего периода. После получения точных планов нам потребуется лишь добавить в СП(Г) применяемость относительно тех изделий, о выпуске которых в рассматриваемом плановом периоде данные по какой-то причине в предварительных данных отсутствовали. А вычисление графиков  $\{G_j\}$ , исходя из дополненной таким образом СП(Г), уже не представляет никакого труда<sup>6)</sup>.

<sup>6)</sup> Определенные неудобства при хранении информации о монтаже в виде МС могут возникнуть прежде всего из-за строгой "качественной определенности" схем монтажа изделий. Речь идет о таких унифицированных узлах, которые входят в разные изделия с разными модификациями, об узлах, комплектация и вместе с тем МС которых зависят от того, предназначаются ли эти узлы для монтажа других изделий или входят в состав готовой продукции (например, в качестве запчастей), о готовых изделиях и их узлах, конструкция которых несколько изменяется, если они предназначены для экспор-

та или работы в особых климатических (например, тропических) условиях. Здесь придется различать разные, но часто весьма "похожие" друг на друга варианты изделий.

В принципе эта проблема решается просто, если каждый вариант данного изделия рассматривается как новое изделие и для него таким образом составляется своя МС. В определенных случаях, когда варианты данного изделия достаточно различны, такой способ решения может оказаться наилучшим. Но иногда разные варианты сложного изделия различаются, например, только в одной детали. И здесь уже недопустимо составление для каждого из них своей МС.

В таких случаях вернее составить для всех вариантов одну "объединенную" МС, в которой специально отмечаются детали, входящие только в определенные варианты данного изделия.

При этом многое зависит от конкретных условий, так что здесь нельзя дать более подробных рекомендаций по этому поводу. Отметим только, что при проведении практической работы с различными вариантами изделий может возникнуть немало хлопот, так что этой проблеме следует уделить должное внимание.

### § 3. Остальные постоянные массивы данных

Данные о монтаже изделий в монтажных схемах или в списках применяемости не исчерпывают еще всей информации, требуемой для проведения описанных в гл. I вычислений и подлежащей постоянному хранению во внешних запоминающих устройствах ЭВМ. Эта информация должна также содержать данные о трудоемкости разных технологических операций, о потребности в материалах, о ценах и т.д.

Перечень требуемых данных, степень точности, с какой они



должны отражать производственный процесс, зависят в первую очередь от подбора вычислений, которые собираются провести. Для выяснения, например, только количественно-временных потребностей монтажа в деталях вполне достаточно информации, содержащейся в описанных уже монтажных схемах или списках применяемости. Если же целью является составление графиков запуска изделий, движения изделий из одного цеха (участка) в другой, или, тем более, составление графиков проведения отдельных технологических операций, то для каждого изготавливаемого на заводе  $j$ -го изделия надо знать времена  $l_{js}$ , на которые начало отдельных технологических операций  $s$  в последовательности  $s = 1, 2, \dots, S_j$  этих операций должно опережать выпуск  $j$ -го изделия (с учетом вероятных отклонений от графика). Кроме того, если иметь в виду также расчеты загрузки, то для каждой операции надо знать номер цеха или его участка ( $\kappa_{js}$ ) и станка (группы станков) или рабочего места ( $k_{js}$ ), на котором эта операция проводится, время обработки одного изделия в течение каждой операции ( $\tau_{js}$ ). Для вычисления потребности в материалах необходим еще перечень материалов  $m_{j1}, \dots, m_{js_j}$ , которые требуются при изготовлении  $j$ -го изделия, нормы их расхода при этом  $r_{j1}, \dots, r_{js_j}$  и соответствующие опережения  $\lambda_{j1}, \dots, \lambda_{js_j}$ . Если в комплекс вычислительных работ включены вычисление себестоимости изделий и расчет заработной платы, то требуется знать расценки технологических операций  $h_{js}$  (+ категория и техническая обоснованность нормы операций), цены материалов  $f_{j1}, \dots, f_{js_j}$ , а также данные о рабочих.

Если говорить о степени точности, с которой информация должна отражать производственный процесс, то здесь, например, операции, совершаемые подряд над одним изделием на одной группе станков (рабочих мест), целесообразно для проведения расчетов загруженности оборудования объединить в одну. Но если эти же данные будут использованы при вычислениях зарплаты, то такое объединение операций недопустимо. От уровня проведения расчета потребности в материалах зависит количество необходимой информации в перечне материалов и т.д.

Заданный выше перечень начальных данных, требуемых для вычислений и подлежащих постоянному хранению в ЭВМ, в значительной степени зависит также от подхода (с его технической стороны) к решению той или иной задачи. Подход же к решению, в свою очередь, зависит от имеющихся технических средств, степени знакомства с производственным процессом, а также и от того, с каким трудом и с какой достоверностью можно получить расчетным путем требуемые для вычислений величины.

Если можно, например, достаточно хорошо вычислить времена опережения  $1_{js}$ , исходя из времен обработки изделий, величин партий, коэффициентов загруженности оборудования и пр., то нет смысла включать эти опережения (впрочем, как и аналогичные величины в МС и СП) в начальные данные, а вместо них можно включить туда средние величины партий. Тем более, что в противном случае времена опережения следует рассматривать как постоянные.

Но следует помнить, что при составлении системы информации принимаются обычно во внимание следующие два существенных момента — простота хранения информации и простота получения из этой информации достоверных результатов. Эти два момента обычно противоречат друг другу. Поэтому составление системы информации в сущности совпадает с поиском компромисса между ними.

Хранение данных о технологии изготовления изделий в принципе проще, чем хранение монтажных схем (или СП). Каждое изделие, в противоположность тому, что наблюдалось в монтажных схемах, является здесь вполне самостоятельной единицей, не связанной с другими.

Разумеется, данные о технологии изделий можно упорядочить для хранения по-разному. Можно, например, распределить различные виды данных на разные, не связанные друг с другом массивы или же, наоборот, сгруппировать различные данные, составить из них лишь пару или даже один единственный массив. Группировка, при которой один массив составляют лишь те данные, которые требуются для определенного вида вычислений, безусловно способствует проведению этих вычислений. В этом отношении всякое дальнейшее объединение данных, требуемых для разных вычислений, в один массив является только отрицательным. Но большая сконцентрированность данных о каждом изделии, т.е. положение, когда данные о каждом изделии будут как можно меньше разбросаны по разным массивам, способствует более качественному хранению данных.

Во всяком случае при группировке данных всегда следует исходить из конкретных условий. Например, если при расчете потребности в материалах в каждом изделии учитывается лишь один материал (при учете одних лишь основных материалов это часто так и бывает), то данные о технологии изготовления изделий и о потребности в материале можно объединить в один массив и записать в следующем порядке:

$$\begin{array}{ccccc}
 j & m & p & f & \\
 l_1 & x_1 & k_1 & \tau_1 & h_1 \\
 l_2 & x_2 & k_2 & \tau_2 & h_2 \\
 . & . & . & . & . \\
 l_{s_j} & x_{s_j} & k_{s_j} & \tau_{s_j} & h_{s_j}
 \end{array} \quad (15)$$

Если же при расчете потребности в материалах приходится учитывать все идущие на изготовление изделия материалы, причем с различными опережениями относительно конца производственного цикла изделия, то целесообразнее разбить массив (15) на два:

1) массив, описывающий технологию изготовления изделия

$$\begin{array}{ccccc}
 j & & & & \\
 l_1 & x_1 & k_1 & \tau_1 & h_1 \\
 l_2 & x_2 & k_2 & \tau_2 & h_2 \\
 . & . & . & . & . \\
 l_{s_j} & x_{s_j} & k_{s_j} & \tau_{s_j} & h_{s_j}
 \end{array} \quad (16)$$

2) массив, описывающий требуемые для этого материалы

$$\begin{array}{ccccc}
 & \lambda & \rho & r & x \\
 m_1 & \lambda_1 & \rho_1 & r_1 & x_1 \\
 m_2 & \lambda_2 & \rho_2 & r_2 & x_2 \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 m_j & \lambda_j & \rho_j & r_j & x_j
 \end{array} \quad (17)$$

Впрочем, аналогичное деление информации о производственном процессе мы уже сделали, разбив ее на данные, составляющие монтажные схемы изделий, и данные о технологии изготовления изделий. Ведь можно было бы представить все данные "объединенными" в едином массиве. Но такой вид хранения данных слишком затруднил бы проведение вычислений.

Применение массива (15) (или (16), (17)) при проведении вычислений в принципе просто, так что мы не будем приводить здесь соответствующие логические схемы. Основным неудобством является большая трудоемкость поиска данных об одном или другом изделии. По аналогии с приведенным в предыдущих параграфах для облегчения этого поиска можно составить соответствующую шкалу.

Отметим, что при хранении данных о технологии изделий в принципе совсем безразлично, являются ли эти изделия деталями или узлами. А так как мы главный упор делаем на улучшение работы механического цеха (см. гл. I), то особое внимание следует уделять тем данным, которые связаны с изготовлением деталей. Тем более, что времена опережения в монтажных схемах в определенной мере дублируют времена опережения в технологии изготовления узлов.



Специальный раздел составляют данные о рабочих, требуемые при вычислении зарплаты. Здесь необходимо сохранять

- табельный номер,
- категорию,
- номер расчетно-платежной ведомости,
- шифр состава,
- категорию налога,
- шифр возраста (т.е. является ли рабочий несовершенно-летним),
- фамилию и инициалы,
- должность каждого рабочего.

В целях удобства проведения вычислений все эти данные целесообразно разбить на два массива, причем в первый из них собрать те данные, которые требуются непосредственно при самих вычислениях, а в другой – данные, требуемые только для печати расчетно-платежной ведомости (например, должность и фамилию).

В принципе такое деление можно провести и сразу перед началом вычислений, а до этого хранить данные в одном массиве. Это способствует проверке правильности хранимых данных.

#### § 4. Кодирование данных

В предыдущем параграфе мы уже остановились на нескольких общих вопросах, связанных с созданием системы информации

(вопрос деления данных на различные массивы и пр.). Вполне понятно, что круг таких вопросов этим не исчерпывается. Весьма важной является проблема создания схемы кодирования информации, выбора конкретной формы записи ее в запоминающих устройствах ЭВМ внутри каждого отдельного информационного массива, размещения ее в отдельных ячейках памяти.

При построении схемы кодирования информации, позволяющей переводить ее из формы, употребляемой в повседневной заводской практике, в форму, пригодную для машинных вычислений, ставится обычно три условия:

1) сама форма записи информации в запоминающих устройствах должна активно способствовать проведению вычислений (учитываем здесь и связанный с возможным увеличением избыточности информации отрицательный эффект),

2) схема кодирования должна давать возможность легко закодировать и декодировать все данные,

3) схема должна быть универсальной, чтобы ею можно было пользоваться при всех вариантах данных, встречающихся на заводе. Универсальность схемы кодирования и размещения информации обуславливает, в свою очередь, конкретные требования к информации, применяемой в заводской практике. Она должна быть достаточно упорядоченной, так как необходимо, например, иметь ясное представление о возможных масштабах всех используемых в вычислениях величин, о шифрах материалов и способах нумерации изделий, о величине массивов информации и пр.

Вполне понятно, что от степени и качества выполнения вы-

неуказанных трех требований в построенной схеме кодирования и размещения информации во многом зависит успех работы при внедрении ЭВМ в текущее управление производством. В то же время ничто из вышеизложенного, на наш взгляд, не зависит в такой мере от конкретных условий, как построение этой схемы. По этой причине рассматривать данный вопрос в отрыве от конкретных условий можно только в весьма общем плане, исходя из самых общих свойств заводской информации и средств ее обработки.

В заводской информации, требуемой для проведения описываемых вычислений, можно выделить, вообще говоря, два вида данных. Во-первых, это — данные, отражающие количественную сторону производственного процесса. К таким данным можно отнести разные опережения, времена обработки, цены и пр., то есть данные, относительно которых можно применять слова "больше" и "меньше", "сколько?".

Кодирование этих данных и применение их в вычислениях, проводимых на ЭВМ, не представляет особого труда, так как ЭВМ прежде всего предназначены для обработки именно количественной стороны информации. Единственными вопросами, требующими решения, являются здесь вопросы, касающиеся формальной стороны дела — степень точности, с которой надо проводить вычисления (а также хранить данные), режим вычислений и хранения информации (в виде чисел с фиксированной или с плавающей запятой) и пр.

Другим видом данных являются данные, отражающие некоторые качественные стороны производственного процесса. К дан-

ным такого типа относятся в первую очередь номера изделий, разные шифры материалов, станков и пр. другими словами, данные, о которых мы можем говорить лишь "такое" или "не такое", "какое?".

Если говорить, например, о номерах изделий, то они даются на заводе не случайно и не только для того, чтобы отличить изделие с одним номером от других, а с учетом различных вполне конкретных соображений. Как правило, эти номера содержат всю наиболее необходимую по ходу производственного процесса качественную информацию об изделии (является ли это изделие узлом или деталью, в какое готовое изделие оно входит, кроме того может даваться информация о внешнем виде изделия и пр.). Однако далеко не все эти качества изделий интересуют нас при хранении информации в запоминающих устройствах ЭВМ и при проведении конкретных вычислений. Кроме того, в заводских номерах изделий могут не отражаться некоторые такие их качества, которые способствовали бы проведению вычислений (например, если требуется составить на ЭВМ графики запуска изделий, то было бы весьма целесообразно, чтобы номер каждого изделия отражал также, в каком участке цеха начинается технологический маршрут изделия).

Если учесть еще, что заводские системы шифровки изделий, как правило, довольно непоследовательны, что они несут в себе большую избыточность информации и часто содержат знаки, не встречающиеся в алфавите ЭВМ, то станут очевидными их полная непригодность для машинных вычислений и невозможность

их перекодирования к пригодному для нас виду посредством не-  
которого простого вычислительного алгоритма.

В принципе можно, конечно, предложить в качестве решения  
проблемы разработку и внедрение на заводе такой системы ну-  
мерации изделий, которая оказалась бы пригодной или почти  
пригодной и для ЭВМ. Но такое решение вряд ли будет реальным,  
по крайней мере до тех пор, пока ЭВМ еще не проникла на за-  
воде "в плоть и кровь" текущего управления. Пока, исходя из  
реальных условий, следует учесть, что нам придется иметь де-  
ло с двумя совершенно различными номерами - (заводским)  $N$  и  
(машинным)  $n$  каждого изделия, причем переход от одного номе-  
ра к другому можно осуществить только при помощи соответст-  
вующей таблицы. Более того, нам потребуются две таблицы пе-  
рехода: первая, упорядоченная по номерам  $N$ , для перехода от  
 $N$  к  $n$  и вторая, упорядоченная по номерам  $n$ , для перехода от  
 $n$  к  $N$ . Отметим, что добиваться строгого совпадения в упоря-  
доченности номеров  $N$  и  $n$  для того, чтобы можно было ограни-  
читься только одной таблицей перехода, не стоит, так как со-  
блюдение этого совпадения из-за постоянных изменений в но-  
менклатуре и конструкции изготавливаемых на заводе изделий  
крайне затруднительно.

То, что  $N$  является заводским номером изделия, вообще го-  
воря, не совсем точно. Ведь  $N$  должен состоять только из зна-  
ков, встречающихся в машинном алфавите. Кроме того, иногда  
можно найти некоторые весьма простые алгоритмы, позволяющие  
существенно уменьшить избыточность информации в заводских но-  
мерах (т.е. сократить их, не изменяя их значения). Под номе-



рами  $n$  мы и понимаем заводские номера изделий после соответствующей "ручной обработки". Кстати, переход на заводе от применения прежних номеров к применению номеров  $n$  вполне реален.

Что же касается машинных номеров  $n$ , то более естественно выбирать номера, состоящие из различных частей, например:

$$n = (j \ j' \ x^1 \ x^s \ y \dots).$$

Здесь  $j$  не несет в себе никакой информации об изделии, единственным требованием к  $j$  является то, что у каждого изделия оно должно быть различным;  $j'$  определяет, имеем ли мы дело с деталью или узлом,  $x^1$  и  $x^s$  обозначают номер первого и последнего участка пеха в технологическом маршруте изделия,  $y$  — группу (см. § 3 гл. I) изделия и т. д.

Разумеется, при подборе содержащихся в номере  $n$  "качеств" изделия следует исходить из того, как и какие вычисления предполагается провести на ЭВМ. Так как при проведении конкретных вычислений редко требуется знание всех закодированных в  $n$  качеств изделия, то будет естественно использовать в различных случаях не "весь" номер  $n$ , а отдельные его части. Например, в массиве СП вместо номера  $n$  можно ограничиться  $j$ . Даже в таблице перехода от  $n$  к  $n$  иногда вместо  $n$  можно ограничиться  $(j \ j')$  и т. д. Это позволяет уменьшить количество используемой при вычислениях информации, способствуя тем самым более быстрому обмену информацией между внутренними и внешними запоминающими устройствами машины.

Что же касается, например, заводских номеров (или назва-

ний) цехов или станков, то здесь трудностей не возникает, так как обычно на заводе легко перейти к нумерации, пригодной также и для ЭВМ.

### § 5. Текущие данные

Отличительной чертой вышеописанных (постоянных) информационных массивов является то, что, хотя в этих массивах количество информации, изменяющейся в течение периода между вычислениями, может быть довольно большим, оно все же, как правило, ничтожно по сравнению с количеством информации, остающейся неизменной. Это позволяет хранить эти массивы постоянно в БД, лишь частично изменяя их перед проведением вычислений (вводя поправки соответственно происшедшим изменениям).

Вполне понятно, что с увеличением изменяющейся части информации в периоде между вычислениями увеличиваются и трудности при постоянном хранении этой информации. Если же перед проведением вычислений придется обновить достаточно большую часть информационного массива, то вполне оправданно встанет уже вопрос, не выгоднее ли ввести весь этот массив в ЭВМ в обновленном виде заново вместо того, чтобы заниматься введением столь многих поправок. Например, если обновлению подлежит весь массив, то постоянное хранение такой информации будет явно бессмысленным.

Данные, которые завод сообщает ВЦ каждый раз перед проведением вычислений заново и которые тем самым не подлежат постоянному хранению в ВЦ, мы в дальнейшем будем называть текущими начальными данными или просто текущими данными (текущей информацией). К таким данным относятся, например, план выпуска заводом готовой продукции в определенном плановом периоде, разные данные с группам оборудования (время ремонта, средние коэффициенты выполнения норм в группе и пр.) и т.д.

К текущей информации можно отнести и данные об изменениях, происшедших в массивах постоянной информации. Перечень и количество текущей информации зависят от проводимых вычислений и от характера самой информации и могут не только быть различными в каждом конкретном случае, но и изменяться с течением времени (вернее, с усовершенствованием "машинной" системы управления производством). Чем глубже ЭВМ проникает в управление заводом, чем детальнее она решает поставленные задачи, тем больше текущей информации для этого требуется. Количество текущей информации особенно увеличивается, например, после установления системы наблюдения за ходом производства посредством ЭВМ, а также в связи с внедрением вычислений зарплаты на ЭВМ.

Наличие в требуемой для проведения вычислений информации текущих данных обуславливает существование надежно и оперативно функционирующей системы обмена информацией между заводом и вычислительным центром. Эта система должна обеспечивать, с одной стороны, быструю и качественную передачу тре-

буемого количества информации с завода на ВЦ (и обратно), а с другой стороны — возможность, не теряя времени и без ошибок, подготовить эту информацию для непосредственного применения ее уже в ЭВМ.

Вполне понятно, что сложность и значение этой системы возрастают вместе с увеличением количества текущей информации. Отсутствие возможности оперативного обмена требуемого количества информации естественно задержит решение поставленных задач и вообще сделает невозможным проникновение ЭВМ в глубь текущего управления производством.

Что же касается устройства требуемой системы обмена информацией, то об этом *a priori* можно мало что сказать. Многое зависит от специфики производства и информации, от особенностей ЭВМ и имеющихся технических средств связи. Если количество текущих данных невелико, то на первых порах вполне будет достаточно "ручного" способа обмена информацией — простой пересылки (по почте, телеграфу, курьером) соответствующей документации (ведомостей, табуляграмм). Если же количество текущей информации достаточно велико, то вопрос усовершенствования способов ее передачи и обработки встает с полной остротой.

Основное внимание при усовершенствовании системы передачи текущих данных надо обратить не только на механизацию, но и на уменьшение количества раз повторной обработки (перешифровки) информации. Если, например, между заводом и вычислительным центром имеется телетайпная связь и у ЭВМ есть приспособления для ввода информации с телеграфной ленты, то

передавать информацию с завода при помощи телетайпа следует так, чтобы полученную телеграфную ленту можно было ввести уже сразу в ЭВМ (без промежуточного переперфорирования).

Большое внимание следует уделить и уменьшению возможностей возникновения ошибок при передаче текущей информации. Разработать здесь какие-нибудь, общие для всех предприятий, ЭВМ и средств связи мероприятия на наш взгляд, невозможно. Все зависит опять же от конкретных условий. Если возможна вышеописанная телетайпная связь, то можно, например, посоветовать для контроля правильности передаваемой по телеграфу информации приспособления типа описанных по этому же поводу в [8].

#### § 6. Ввод изменений в массивы информации

Вполне понятно, что один лишь удачный подбор методики решения задач и системы упорядочения исходных данных на ЭВМ не гарантирует еще правильности получаемых при решении этих задач результатов, а вместе с тем и возможности применения их на практике. В такой же (если даже не большей) степени для достоверности результатов вычислений требуется безошибочная работа ЭВМ и безупречность информации, т.е. соответствие ее действительному положению вещей на заводе. Выполнение же двух последних требований в условиях огромного количества информации, требующей хранения, а также обработки при



вычислениях, является весьма сложной задачей. Положение еще более усложняется тем, что это огромное количество информации отражает не некий установившийся процесс, а процесс, постоянно меняющийся. Другими словами, чтобы правильно отражать положение вещей на заводе, необходимо отражать также изменения в этом положении. Поэтому, наряду с "обычной" причиной возникновения ошибок в информации (т.е. несоответствия информации действительности), а именно: наряду с ошибками при записи и считывании информации в ЭВМ, искажением информации с течением времени в запоминающих устройствах и пр., другими словами, ошибками, связанными с "технической стороной" дела - следует обратить внимание и на вторую возможную причину возникновения ошибок - на недостаточность учета тех изменений, которые могут иметь место на заводе.

Заводскую информацию можно считать введенной на ЭВМ лишь в том случае, если создана система передачи данных об изменениях в производственном процессе на заводе в ВЦ и ввода их в ЭВМ. Таким образом уже лишь одно хранение качественной информации требует хорошо поставленного обмена информацией между заводом и ВЦ.

Для простоты внесем в дальнейшее изложение понятие строки информации. Ведь каждый массив информации разделяется на весьма малые однотипные части, так как данные о технологии изделия даются по отдельным операциям, монтажные схемы - по входящим в них изделиям и т.д. Такую малую однотипную часть данных мы и назовем строкой информации. Внесение поправок в информационные массивы можно свести в этом случае к двум основ-

ным операциям - стиранию строк и записи строк (замену старой строки или какой-то величины в ней новой строкой или величиной в ней можно представить в виде последовательного применения этих двух операций или, точнее, в виде записи новой строки на месте старой).

Каждая поправка должна иметь свои "координаты", позволяющие найти место ее внесения, т.е. данные, однозначно определяющие стираемую при вводе поправки строку или место записи новой строки. Перечень данных, которые необходимо включить в "координаты" поправок, зависит от вида информации и формы ее записи. "Координаты" поправок монтажных схем должны, кроме номера монтажной схемы, содержать еще и номер входящего в схему изделия и его время опережения, для определения места внесения поправки в технологию достаточно, кроме номера изделия, знать порядковый номер соответствующей технологической операции.

Алгоритм внесения поправок сам по себе довольно прост и состоит из поиска места поправки по ее "координатам" и проведения одной или обеих вышеупомянутых операций. Несмотря на это, техническая реализация его связана с весьма большими трудностями. Дело в том, что нельзя вносить поправки прямо в самый информационный массив. Ведь после внесения поправок длина, т.е. количество строк информации может измениться. Если какое-то изделие, например, снято с производства, то данные с ним нам вообще больше не будут нужны и соответствующие строки подлежат стиранию. Это приводит к появлению незаполненных ("пустых") мест в информационном массиве. Еще сложнее возмож-

Ность недостатка места для размещения информации о каком-нибудь изделии, так как данные нельзя просто записать в конце соответствующего массива информации, а необходимо соблюдать определенную последовательность строк. Другими словами, внести изменения в информацию можно лишь, переписав весь старый информационный массив в новом виде с учетом поступивших об этих изменениях данных (поправок). При этом, конечно, надо составить и новые вспомогательные массивы информации (шкалы и пр.).

Для того, чтобы при вводе поправок информацию приходилось переписывать лишь один раз, надо вносить поправки в той же последовательности в какой расположены данные в старом массиве информации. Отметим, что могут иметь место случаи, когда несколько поправок относятся к одной и той же строке информации. Тогда при упорядочении их следует придерживаться и такого фактора, как время. Такие поправки должны производиться в той же временной последовательности, в какой вводились на заводе соответствующие им изменения.

Особо следует здесь остановиться на внесении поправок в массивы, данные в которых находятся в тесной взаимосвязи (такими массивами, как отмечалось уже выше, являются, например, массивы МС или СП). Следствием изменения данных об одном изделии в таком массиве могут быть (именно из-за этой взаимосвязи) изменения в данных о многих других изделиях. Если, например, на заводе какая-то деталь заменяется другой, то изменения произойдут во всех изделиях, в

которые заменяемая деталь входила.

Наилучшим решением для ВЦ естественным образом было бы, если бы завод ставил ВЦ в известность и о всех таких "вторичных" изменениях. Но вполне вероятно, что в условиях огромного количества информации завод, во избежание чрезмерного количества "ручного" труда и связанных с этим ошибок, не только не будет давать ВЦ эти изменения, но обратится сам к ВЦ за помощью в их выявлении. В этих условиях на ВЦ придется сначала, исходя из поступивших с завода данных о "первичных" изменениях, выявить все "вторичные" изменения и лишь после включения их в количество поправок и упорядочения этого количества можно приступить к исправлению информации.

Но надо все же отметить, что и хорошо поставленная система передачи и ввода изменений в информацию не гарантирует полного соответствия информации действительному процессу производства. Ведь обычно изменения в заводских нормативах происходят, можно сказать, непрерывно, а ввод поправок в ВЦ — периодически, т.е. "дискретно", ибо весьма неудобно часто составлять новые массивы информации в ЭВМ. Пока вычисления на ЭВМ происходят относительно редко, например, один раз в месяц, вполне приемлем ввод поправок в данные каждый раз перед вычислениями. Но если же вычисления становятся почти что ежедневными, необходимо согласовать введение изменений в заводские нормативы с возможным введением их в массивы, хранящиеся в ЭВМ.

Возникновение "технических" ошибок можно предупредить общими и общеизвестными методами контроля за правильностью



работы машины, поэтому подробно останавливаться на этом здесь нет смысла. Следует лишь отметить, что в связи с большим количеством используемой при вычислениях информации особое внимание придется обратить на мероприятия, гарантирующие ее достоверность. Следует предусмотреть возможность контроля правильности информации и перед проведением вычислений, и во время них.

Довольно распространенной возможностью осуществления такого контроля является наличие у массивов проверенных контрольных сумм, полученных при записи этих массивов во внешние накопители. Неудобством применения этого способа является то обстоятельство, что при проведении вычислений по вышеописанным схемам придется пользоваться, как правило, (хотя бы из-за недостаточной емкости оперативной памяти машины) не целыми информационными массивами, а их частями, причем в весьма неупорядоченной последовательности. Поэтому, кроме контрольных сумм целых массивов, надо иметь контрольные суммы их отдельных частей <sup>7)</sup>. Но вычислив контрольные суммы частей массива, мы тем самым фиксируем некое деление этого массива на отрезки, и лишь по ним (или по краткому числу их) мы можем проводить обмен информацией между разными внешними накопителями (НМБ и НМЛ), между внешним накопителем и оперативной памятью и пр., что может немало усложнить (с технической стороны) проведение вычислений. При делении массива на равные отрезки могут возникнуть трудности, если потребуется выделить часть массива "нестандартной" длины (например, монтажную схему отдельного узла из массива  $MC(N)$  при вычислении потребностей в



изделиях), которая может притом оказаться еще в разных "стандартных" отрезках. Если разбить массив на отрезки (как правило, различной длины) и вычислить их контрольные суммы, исходя из внутреннего содержания информации и из того, в каком порядке эта информация требуется при вычислениях, (например, если массив МС разбить на отдельные монтажные схемы и т.д.), то трудности возникнут в тех случаях, где удобнее оперировать отрезками информационных массивов постоянной длины (например, при переписи информации из одного внешнего накопителя в другой). Несмотря на все вышеизложенное, контроль правильности информации необходим и приходится мириться со связанными с его проведением осложнениями в вычислениях.

7) Как правило, при контроле информации удобнее пользоваться не самими контрольными суммами, а их дополнением до "полного сумматора", т.е. числа  $-1$ . При контрольном суммировании двух таких чисел мы получаем опять  $-1$ . Поэтому этой величине будет равна не только контрольная сумма одного отрезка и его дополнения, но и контрольная сумма любого числа таких отрезков, а вместе с тем и контрольная сумма всего информационного массива. Это обстоятельство несколько облегчает поиск возможных ошибок в массиве перед проведением вычислений.

В заключение отметим, что "технические" ошибки в массивах информации можно исправлять точно так же, как и ошибки, вызванные изменениями на заводе, включив соответствующие поправки в общее количество данных об изменениях.

## Г л а в а    III

### П Р А К Т И Ч Е С К О Е   П Р О В Е Д Е Н И Е   Р А Б О Т

#### § 1. Рекогноспировка

Внедрение ЭВМ в текущее управление производством — результат сотрудничества двух групп людей: работников завода и работников вычислительного центра (ВЦ). Об этом можно говорить даже в тех случаях, когда ЭВМ принадлежит самому заводу. Всегда в работе будут принимать участие, с одной стороны, люди, которые изо дня в день практически более или менее непосредственно связаны с текущим управлением производством и только временно или частично, быть может, освобождены от этой работы. С другой стороны, в работе будут принимать участие люди, никогда, как правило, не принимавшие практически участия в текущем управлении производством, но зато более знакомые с ЭВМ и "математизированной" теорией планирования. Это обстоятельство делает исключительно важным составление хорошо разработанного и как можно больше детализированного и конкретизированного плана работ, обеспечивающего достаточную согласованность действий и взаимопонимание участвующих в работе людей.

Разработке плана должна предшествовать рекогносцировка условий на заводе работниками ВЦ. В ходе рекогносцировки работники ВЦ знакомятся с типом, масштабами и структурой производства, существующей системой текущего управления, используемыми системами шифровки деталей, материалов и пр., диапазонами изменения различных величин, объемом различных массивов информации, с упорядочением этих массивов и степенью соответствия их реальным условиям производства и т.д., т.е. подробно выясняют, так сказать, информационные условия завода.

Сопоставление этих выясненных с достаточной подробностью информационных условий завода с возможностями имеющихся ЭВМ позволяет с "машинной" точки зрения уже количественно оценить как достоинства, так и недостатки различных возможных вариантов "механизированной" системы текущего управления и процесса ее построения, а также - возможности решения многих сугубо технических проблем. Мы имеем в виду возможности использования различных вариантов хранения информации о монтаже изделий, систем шифровки данных, распределения ячеек машинной памяти для хранения различных данных, схем использования внутренней и внешней памяти машины при проведении вычислений, выбора режима работы машины (фиксированная или плавающая запятая) в различных случаях, вида и количества печатаемых ориентировочных графиков и т.п.

Здесь надо обратить особое внимание на следующее обстоятельство. Немалая опасность скрывается в том, что при изучении применяемых на заводе систем шифровки, при выяснении диа-

пазонов изменения различных величин и т.п. не все частные, редко встречающиеся случаи будут учтены. (А это очень легко может случиться, если ограничиться при рекогносцировке только поверхностным знакомством с положением вещей, тем более, что сами работники завода, как правило, всегда сильно недооценивают значение таких редких случаев для машинных вычислений.) В результате в ходе работы могут возникнуть случаи, когда поступающие с завода в ВЦ данные при вводе их в ЭВМ не подходят к разработанным системам шифровки или же не помещаются в выделенных для них местах в машинной памяти. Это добавит немало хлопот и может поставить под угрозу успех всей работы.

Отсюда вывод: значение рекогносцировки нельзя недооценивать. Ей следует выделить немало времени (порядка нескольких месяцев или полугодия при работе с энтузиазмом). При этом прежде всего сами работники ВЦ обязаны с достаточной четкостью и детальностью представить себе задачи рекогносцировки в свете дальнейших направлений работы, а затем довести их и до работников завода. Последнее повысит достоверность и уменьшит возможность двусмысленного понимания получаемой непосредственно от работников завода информации. И все же нельзя быть уверенным в том, что при рекогносцировке все будет выяснено, как положено. Непременно будут и промахи. Но в результате рекогносцировки можно добиться по возможности наименьшего их количества. 8)

8) В связи с рекогносцировкой обстановки на заводе работниками ВЦ приходится говорить и о "личном составе" соответствующей груп-



пы. Естественным образом в эту группу должны войти квалифицированные теоретики с сильным практическим чутьем, способные оценить как реальную обстановку с позиций теории, так и теоретические соображения с точки зрения практики.

Однако рекогносцировка завода имеет, кроме своей основной цели - выяснения общих информационных условий завода, - и другую, при этом далеко не маловажную цель - это непосредственное приобретение достаточно обоснованного личного представления о конкретных заводских условиях (включая сюда и личное знакомство с работниками завода) теми работниками ВЦ, которые в дальнейшем будут сами заниматься разработкой и внедрением машинной системы текущего управления. Для этой цели в группу обязательно должны войти как работники ВЦ, которые будут ответственны за проведение работ, так и работники меньшей квалификации, на плечи которых в дальнейшем ляжет основной объем "ручной" работы, связанной с обработкой массивов заводской информации в ВЦ.

Отметим еще, что во время рекогносцировки на изучение массивов информации, требуемых для текущего управления производством, наряду с работниками ВЦ должна переключиться и заводская группа научной организации труда (НОТ). Однако ее задача будет несколько иной: изучение информации не с "машинной" точки зрения, а с заводской. Таким образом, группу НОТ должны интересовать не столько размеры массивов информации, коды, шифры и т.п., сколько возникновение, перемещение и использование информации внутри завода. Именно самим работникам завода легче всего получить об этом достаточно ясное, четкое и верное представление, именно они смогут (еще до внедрения ЭВМ) рационально включить во внутризаводское обращение информации массивы данных, составляемые на заводе для машинных вычислений, а также выдаваемые ЭВМ результаты вычислений. Кроме того, лишь сами работники завода смогут после достаточного изучения дела лучше всех оценить, какие формы передачи данных с завода в ВЦ наиболее приемлемы для завода, и указать, в какой форме выданные из ЭВМ результаты вычислений больше всего подходят для дальнейшего использования их на заводе.



Если в результате сопоставления информационных условий завода и возможностей ЭВМ основные достоинства и недостатки возможных вариантов "механизированной" системы текущего управления и путей ее построения будут количественно оценены с "машинной" точки зрения, дальнейшая работа состоит в следующем.

Отбросив явно непригодные варианты следует уже вместе с работниками завода выбрать из оставшихся вариантов наиболее приемлемый, лучше всего соответствующий как потребностям производства, так и имеющимся вычислительным возможностям. Однако при выборе вариантов нельзя доходить "до конца". Однозначно следует зафиксировать лишь решение тех проблем, которые непосредственно затрагивают первые во временной последовательности их проведения и составляющие при этом некоторый относительно самостоятельный этап работы.

Вполне понятно, что это в определенной мере суживает выбор вариантов решения дальнейших задач, но все же здесь остается некоторая свобода выбора и окончательное решение вопроса о варианте после практического завершения первых работ может произойти с гораздо большим знанием дела.

За определением наиболее пригодного варианта построения механизированной системы текущего управления следует разработка детализированного плана проведения работ в сотрудничестве работников завода и ВЦ. В плане перечисляются все предстоящие работы, определяются соответствующие сроки, исполнители, фиксируются взаимные обязательства. При этом детальный перечень работ может быть составлен лишь для тех

задач, для которых зафиксированы варианты решения. Кроме того, следует иметь в виду, что и уже детализированный план работ может претерпеть некоторые изменения по мере накопления опыта в процессе его выполнения. Все это выдвигает потребность в дальнейшем уточнении и, быть может, в частичном изменении плана по ходу выполнения его "детализированной части". Сроки такого уточнения естественно определить уже при принятии плана.

В том случае, когда внедрение на заводе механизированной системы текущего управления предвидится в порядке договорной работы, разумнее заключить вначале договор лишь на рекогносцировку и составление плана. Выполнение плана станет тогда содержанием нового договора. Кроме того, составленный план позволит довольно обоснованно определить взаимные денежные обязательства договаривающихся сторон.

В дальнейших параграфах мы попытаемся в общих чертах описать процесс внедрения на заводе механизированной системы текущего управления, в той мере, в какой это можно сделать без предварительной рекогносцировки и последующего ей сопоставления информационных условий завода и возможностей ЭВМ.

## § 2. Общая схема работ

Практическое проведение работ по разработке и внедрению на заводе механизированной системы текущего управления про-

изводством распадается на выполнение множества взаимно обусловленных, предполагающих взаимное выполнение или ведущих к этому отдельных работ. Все эти отдельные работы подчинены единой цели — достижению активного и эффективного "вмешательства" ЭВМ в управление производством.

Чтобы получить лучшее представление о значении, обусловленности и требуемой последовательности этих работ, необходимо заранее представить себе с достаточной четкостью их общую цель, вернее, процесс осуществлен той цели в реальной, практически (и логически) обоснованной временной последовательности.

На этих же проблемах пришлось в некоторой степени остановиться уже в предыдущих главах, ибо при принципиальном и общем решении задач управления реальными процессами, а также при составлении соответствующей схемы хранения информации невозможно обойти проблемы, возникающие в практике их последовательного внедрения. Но так как аспект изложения в предыдущих главах был иной, то у читателя, по-видимому, не могло возникнуть достаточно целостного представления об этих проблемах. Поэтому в дальнейшем вышеизложенный материал будет повторяться, но уже в новом контексте.

К практической разработке и внедрению на заводе механизированной системы текущего управления можно подойти с двух весьма важных аспектов. Однако, к счастью, подход к этому вопросу как с одной, так и с другой стороны приводит почти к одним и тем же результатам.

Во первых, это экономическая сторона дела, против кото-

рой, по-видимому, никто возражений не имеет. Как можно судить уже по материалам гл. I и II, разработка и внедрение системы является довольно трудоемким, длительным и, разумеется, дорогостоящим процессом. Поэтому этот процесс необходимо спроектировать так, чтобы он стал отчасти окупать себя уже до своего полного завершения (кстати, о последнем можно говорить только весьма условно). Другими словами, работы требуется организовать так, чтобы уже до их полного окончания ЭВМ стала по возможности быстрее выдавать нужные производству результаты определенных вычислений.

Другая сторона дела — познавательная. Против этого могут возникнуть некоторые возражения, но, по нашему мнению, эта сторона гораздо важнее первой. Если в экономическом смысле только желательно, чтобы затраченные трудовые и денежные ресурсы окупались как можно раньше путем немедленного внедрения уже разработанных частей механизированной системы управления в практику (что, между прочим, приводит к разделению всех разработок на отдельные, относительно самостоятельные этапы), то в познавательном смысле это будет необходимо (см., например, [7]). Только внедрение в практику промежуточных результатов разработок может установить достоверную обратную связь самого процесса построения новой системы с производством и дать таким образом возможность устранить непременно возникающие в такой многогранной и сложной работе неточности, промахи, неправильные решения, и еще не слишком поздно обратить внимание на ранее не замеченные обстоятельства. Без этого вся разработанная нами



огромная система представит собой лишь прекрасный мыльный пузырь, который, однако, лопнет при первом же соприкосновении с заводской действительностью. (Так как в этом случае полетят на ветер почти все затраченные нами трудовые и денежные ресурсы, то в конечном счете и здесь дело сводится к экономической стороне.)

Есть еще другой взгляд на ту же познавательную сторону дела, также приводящий к этому уже известному нам требованию. Дело в том, что по крайней мере на нынешнем уровне развития науки и техники (если не вообще) нельзя представить полностью автоматизированную и окупающую себя систему текущего управления обычным мелкосерийным производством. Следовательно, люди пока в любом случае будут непосредственно принимать участие в текущем управлении производством. А если это так, то познавательная сторона дела выступает не только в связи с разработкой механизированной системы. Приходится заботиться и о том, чтобы переход от старых, привычных для людей опытно-интуитивных методов управления к новым методам и принципам не проходил слишком резко. Работникам завода придется дать возможность привыкнуть к новым методам. А этого и можно достигнуть путем последовательного внедрения промежуточных результатов, отдельных этапов всей системы разработок.

Итак, перед практической разработкой и внедрением механизированной системы управления надо четко представить себе, какие именно вычисления целесообразно провести в первую очередь, какие — во вторую очередь и т.д. С одной



стороны, здесь следует начинать, учитывая ограниченность непосредственного практического опыта в начале разработок, с самых простых и "скромных", т.е. наименее решительно вмешивающихся в заводские дела вычислений. С другой стороны, более предпочтительными являются вычисления, от которых больше всего зависит проведение других вычислений. С третьей стороны надо браться в первую очередь за такие вычисления, которые требуют меньшей подготовки исходных данных.

Вычисления загрузки оборудования и себестоимости продукции отличаются относительной простотой. Однако, хотя их результаты весьма важны для завода, они мало, даже почти что совсем не влияют на проведение остальных, описанных в главе I вычислений. Кроме того, если иметь в виду, например, вычисления загрузки оборудования, то в принципе для них требуется относительно мало исходных данных: только количества  $r_{ij}$  ( $= \sum_1 r_{ij}^1$ )  $j$ -ых изделий в  $i$ -ых изделиях и времена обработки изделий на различных видах оборудования. Величины  $r_{ij}$  встречаются в массиве МС (или СП), правда, не непосредственно — там имеются только  $r_{ij}^1$ . Поэтому для этих вычислений потребуются, кроме данных о технологии изготовления изделий, еще и МС (или СП) или же дополнительный массив величин  $r_{ij}$ . В этом отношении почти не лучше обстоит дело и с вычислением себестоимости продукции.

Выяснение количественно-временных потребностей монтажа в различных изделиях лучше всего отвечает отмеченным требованиям. Хотя соответствующие вычисления и не очень просты, последний недостаток полностью компенсируется тем, что от этих

вычислений зависят почти все остальные вычисления и, кроме того, вычисления эти являются единственными, которые будут в виде исходных данных только один основной массив — МС (или СП). Так что объем подготовительных работ будет здесь наименьшим.

Производству, однако, не столько важны потребности монтажа, сколько графики выпуска механического цеха. Последние получаются из первых при учете времени транспортировки, вероятных отклонений от графика выпуска и имеющихся запасов изделий. Время транспортировки детали из механического цеха в монтажный цех учесть нетрудно, особенно, если номер участка цеха, выпускающего деталь, будет закодирован в "машинном" номере детали (см. § 4 гл. II). (В тех случаях, когда участки цеха близки друг к другу, учет последнего обстоятельства, разумеется, приводит к излишним тонкостям.) Вероятные отклонения от графика выпуска придется вначале (т.е. не имея достаточного опыта, а также данных о технологии) оценить довольно грубо. Эти отклонения, по-видимому, придется принимать равными для всех деталей, выпускаемых одним и тем же участком цеха. Об учете запасов ("ручным" или "машинным" способом) мы говорили в § 2 гл. I.

Таким образом, мы можем из всей совокупности работ по разработке и внедрению механизированной системы текущего управления производством выделить в виде первого, относительно самостоятельного этапа такие работы, которые сводятся к составлению (непрерывных) ориентировочных графиков выпуска деталей механическим цехом. Назовем эти графики про-

изводственным заданием механического цеха (ПЗЦ). Основными, необходимыми для проведения первого этапа работами являются составление 1) МС (или СП), 2) системы шифровки изделий и 3) соответствующей системы программ для ЭВМ.

ПЗЦ, хотя оно и может быть выпечатано отдельно для каждого участка цеха, все же непосредственно не отражает всего того, что следует действительно выпускать на каждом участке цеха. Дело в том, что здесь только указываются непосредственные обязанности каждого участка механического цеха по отношению к монтажному цеху, а не по отношению к другим участкам механического цеха. Для перехода к составлению графиков, учитывающих последнее требование, принципиальных трудностей нет (см. § 1 гл. I). Проблема заключается, с одной стороны, в увеличении количества составляемых и выпечатаемых ЭВМ графиков и, с другой стороны, в учете соответствующих опережений (и количеств незавершенного производства на отдельных участках цеха). Для этого необходимы данные о технологии изготовления изделий (деталей).

Назовем соответствующую совокупность графиков производственным заданием участков механического цеха (ПЗУ). Составление его определяет второй этап разработки механизированной системы текущего управления производством. Основные работы, требующие выполнения на этом этапе: 1) подготовка для ЭВМ данных о технологии изделий (деталей), 2) соответствующее пополнение системы программ.

Отметим, что на этом этапе работ ~~создает~~ создается возможность включения в общую систему вычислений расчетов загруженности

оборудования. Если имеется в виду распространение их и на монтажный цех, то при подготовке данных о технологии изделий нельзя ограничиться одними только деталями.

В общем, по-видимому, нет смысла доходить с составлением непрерывных ориентировочных графиков до отдельных совершаемых в механическом цехе деталяеопераций, хотя уже на втором этапе работы реальные возможности для этого имеются (в крайнем случае и в зависимости от конкретных условий на рассмотрение можно взять лишь составление графиков запуска деталей). В этом случае очень возросли бы объем выдаваемых ЭВМ графиков, их необозримость, загруженность печатающего устройства ЭВМ, а также объем связанного с обработкой этих графиков "ручного" труда. Поэтому, чтобы продвинуться по этому пути вперед, придется перейти к составлению ОГ. А для этого предполагается тесная обратная связь ЭВМ с производством (см. § 2 гл. I).

Таким образом третьим этапом работы должно быть составление системы наблюдения за ходом производства при помощи ЭВМ. В подготовительных работах здесь делается упор уже не на постоянно хранимые в ЭВМ данные, а на постоянный обмен информации между производством и ЭВМ. В первую очередь здесь важны оперативные данные о передвижении изделий из механического цеха в монтажный цех, а затем по отдельным участкам механического цеха. Исходя из них, ЭВМ может дать производству анализы выполнения как ПЭЦ, так и ПЗУ. В то же время для ВЦ эти данные могут являться основой для статистических исследований хода производства.



Отметим, что о завершении этого этапа работы (как и остальных этапов) можно говорить лишь весьма условно. Мы имеем в виду постоянное усовершенствование. Чем больше ЭВМ проникает в управление производством, тем детальнее она должна и "наблюдать" за ним. Данный, третий этап работы отличается однако тем, что здесь это наблюдение становится уже почти что ежедневным.

Дальше, четвертый этап работы определяется уже однозначно — он связан с составлением и внедрением на заводе дискретных ориентировочных графиков ОГ. Пятый этап, по-видимому, сведется к ежедневному составлению сменных заданий. Но так как по имеющемуся у нас практическому опыту мы еще слишком далеки от проведения этих этапов работы, то ограничимся здесь лишь их перечнем.

Для лучшей обозримости последовательность разработки механизированной системы текущего управления производством можно представить в виде следующей общей схемы:



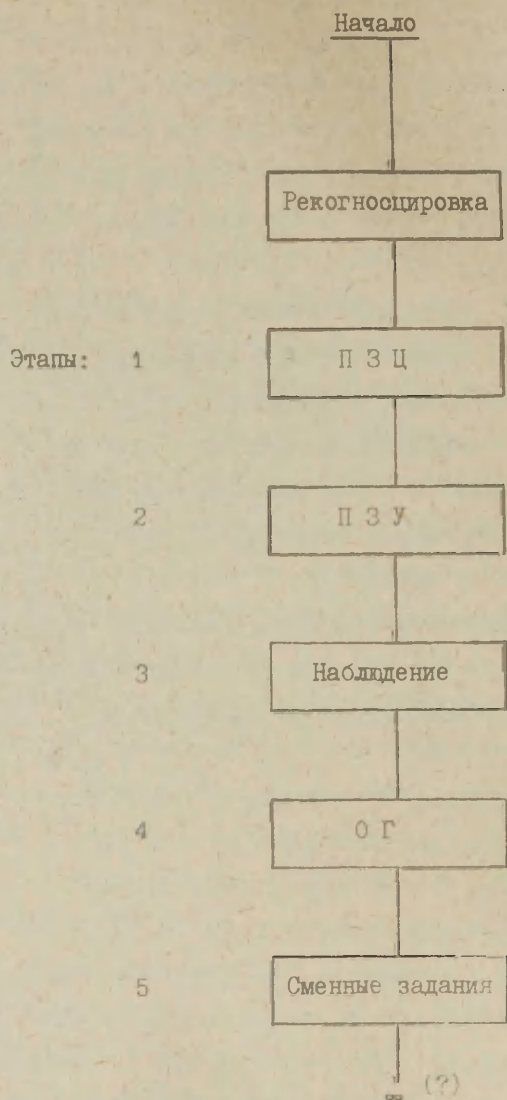


Схема 4

Еще не затронут вопрос о включении в эту систему отмеченных в главе I расчетов потребностей в материалах, зарплате и себестоимости продукции. Подготовительные работы, связанные с внедрением этих вычислений, разделяются на две группы в зависимости от того, являются ли они общими с теми работами, которые надо провести при реализации схемы 4, или нет.

Что касается подготовительных работ первой группы, то схема 4 определяет самый ранний срок, когда внедрение соответствующих вычислений может стать реальным. Например, вычисление себестоимости продукции не может произойти до подготовки для ЭВМ данных о технологии изделий, т. е. до второго этапа работы. Проведение же подготовительных работ второй группы естественно организовать по такому принципу, чтобы по возможности лучше заполнить непременно возникающие при выполнении схемы 4 периоды недостатка работы, обеспечить работникам завода и ВЦ более или менее равномерную загруженность по времени. Все это уже зависит от конкретных условий.

### § 3. Составление картотек

В главе II мы описывали массивы данных, которые нужны для вычислений при машинной системе текущего управления производством. Приступая же к практической работе, прежде

всего приходится подбирать, упорядочивать данные для этих массивов на заводе, подвергать проверке их соответствие действительности. В зависимости от конкретных условий "исходное" положение на заводах в этом отношении может быть весьма различным. Все же можно утверждать, что заводская информация в таком виде, в каком она хранится на заводе при "ручной" системе текущего управления, как правило, непригодна для непосредственного ее перфорирувания и последующего ввода в ЭВМ. Дело заключается, с одной стороны, в непригодной для новых целей форме хранения информации на заводе, с другой стороны, — в недостаточности и, с третьей, — в неправильности ее.

В зависимости от потребностей ее использования информация (например, об одном изделии) на заводе может быть разбросана по весьма многим массивам. Это способствует возникновению несогласованностей, ошибок в ней и затрудняет ее проверку. Нас интересовала бы большая сконцентрированность информации. Но все это еще не так страшно. Обычно те правила, по которым упорядочены массивы информации на заводе, являются далеко не строгими, и сами эти массивы поэтому просто непосредственно не подходят для машинной обработки. Кроме того, вспомним, что в § 4 гл. II мы говорили об излишней избыточности заводской системы кодирования данных и о том, что иногда сокращение этой избыточности не представляет особых трудностей. К тому же мы отметили, что машинный алфавит не обязательно должен полностью соответствовать заводским кодам. Все это приводит к (весьма жела-

тельной) потребности несколько изменить заводскую систему кодирования данных.

Что же касается недостаточности хранимой на заводе информации, то в условиях применения опытно-интуитивных методов управления это вообще ей свойственно. Правда, и при этих методах не обойтись без требуемой для управления информации, но весьма большое ее количество хранится только в памяти людей и "официально" ни в какой документации не отражается. В этом смысле особенно "отличаются" средние времена опережения. Каждый опытный мастер цеха прекрасно знает, насколько запуск некоторой детали на его участке должен в среднем опережать ее выпуск, но в заводской документации времена опережения редко записываются.

Неправильность заводской информации обычно выражается в неточном соблюдении официальной технологии в цехе. Причины этого могут быть разные — и уважительные, и неуважительные. Все же, если мы в вычислениях будем пользоваться данными технологии, важно, чтобы они как можно правильнее отражали то, что действительно происходит в цехе. Иначе польза от вычислений будет невелика, так как их результаты также не будут соответствовать действительности.

Устранение всех описанных недостатков заводской информации практически, по-видимому, не может быть достигнуто одними лишь частными перестройками, дополнениями и поправками существующих массивов информации. Необходимо поступить более радикально — сконцентрировать устранение этих недостатков вокруг составления на заводе новых массивов

информации, новых картотек. Здесь можно уже (почти) без всяких уступок исходить из требования, чтобы заводская информация действительно хранилась в наиболее пригодном для новых целей виде. В частности, здесь очень важно соблюдать сходство новых массивов информации с теми массивами, которые предвидены для хранения в ЭВМ (см. гл. II), т.е. эти массивы должны быть построены в общем по тем же принципам. Важно еще, чтобы новые массивы информации было удобно перфориловать и чтобы нетрудно было вносить в них поправки и для внесения каждой поправки не требовалось, например, переписывать целую карточку в картотеке.

Если исходить из схемы 4, то прежде всего следует составить картотеку для хранения данных о монтаже изделий (СП или МС). Основными исходными документами при этом являются заводские узловые спецификации. В них в общем относительно мало ошибок, так как узловые спецификации в конечном счете все же определяют продукцию, т.е. то, из чего изделия состоят. И соблюдение этого гораздо важнее, чем, например, точное соблюдение установленных технологических операций. Основной проблемой является здесь обычно недостаточность информации, а именно, отсутствие времен опережения.

Мы отметили уже, что при определении времен опережения важнейшую роль должны пока играть экспертные оценки (см. [2]), оценки мастеров цеха. Достоверность этих оценок намного увеличится, если схемы сборки изделий будут представлены цеховым мастерам в возможно более наглядном виде (см., например, схему 5), где все этапы сборки по возможности четко выделены.



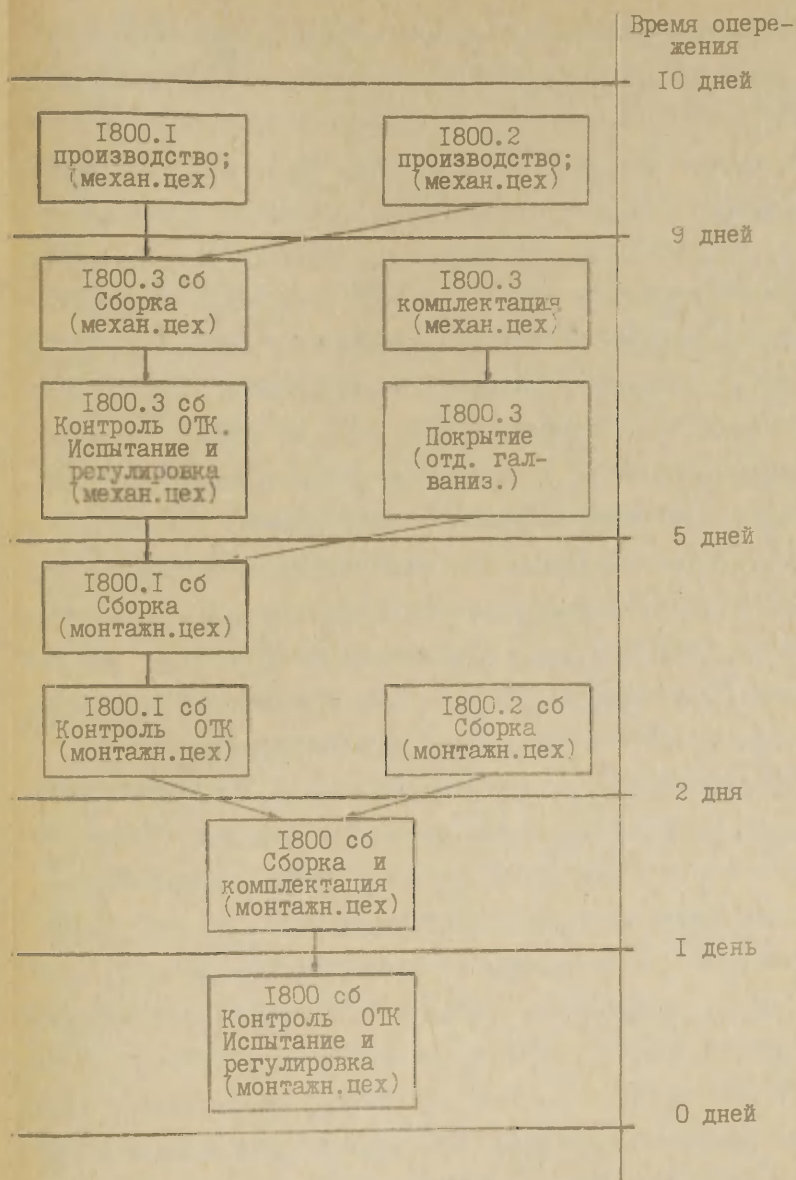


Схема 5

Если соблюдать последовательность работ по схеме 4, то в следующую очередь придется составить картотеку для технологии изготовления деталей. Как видно из § 3 гл. II, в действительности нет принципиального различия в том, имеем ли мы дело с технологией изготовления деталей или технологией сборки изделий. Но так как нас в первую очередь интересуют вычисления только для механического цеха, то сперва можно для простоты ограничиться лишь технологией деталей. Исходя из практической стороны дела, отметим, что такое разделение даже необходимо. В начале, как правило, будет столько забот с подготовительными работами для составления ПЗЦ - с вводом новых данных в машину, составлением программ для вычислений, пробными вычислениями, накоплением практического опыта, устранением последствий различных промахов и т.п., что вычислениями для монтажного цеха, если принять в основу обычные условия, все равно некому будет заниматься. Кроме того, учитывая в определенной мере известную неповторимость конкретных условий на каждом заводе, мы в каждом отдельном случае все же экспериментируем. Увеличивать же размеры эксперимента более, чем это необходимо для выявления сути дела, нет смысла. Практический опыт, полученный в работе с технологией изготовления деталей, может сэкономить немало труда при последующей работе над технологией сборки.

Если говорить о технологии изготовления деталей, то здесь уже довольно остро может встать вопрос о несоответствии имеющихся данных с действительным положением вещей.

Особенно часто это бывает связано с тем, что многие операции совершаются не на тех станках, которые предвидены в официальной заводской технологии. Такие разногласия необходимо выяснить непосредственно в цехе.

Что же касается недостаточности информации в технологии, то здесь, как правило, опять-таки сталкиваемся с отсутствием времен опережений. В виде исходных значений здесь наиболее ценными являются опять же оценки мастеров цеха. Впоследствии, когда будет уже составлена система наблюдения за ходом производства, можно в результате статистической обработки накопленных данных ввести во времена опережения обоснованные поправки. А еще позже непременно будут разработаны и более совершенные расчетные методы.

Отметим, что в самом начале нет смысла определять времена опережения для всех операций, так как они не так скоро будут нужны при вычислениях. Сперва достаточно ограничиться временами опережения одного лишь перехода деталей с одного участка цеха в другой, единственными временами опережения, которые потребуются для составления ПЗУ.

Составление картотеки для технологии сборки (впрочем, как и для материалов) не так обязательно для выполнения работ по схеме 4. За эту работу следует браться только в том случае, если соответствующие вычисления включены в конкретный план проводимых работ, при выборе которого, как мы уже отметили, имеется определенная свобода действий. Составление этой картотеки во многом сходно с составлением картотеки для технологии деталей. К началу этой работы обыч-

но имеется уже какой-то практический опыт, так что наши общие "советы" в этом случае окажутся по всей вероятности излишними. Поэтому отметим лишь, что здесь времена опережения в определенной мере дублируют времена опережения в МС (или СП) и следовательно должны быть согласованы с ними. Однако, если мы имеем в виду лишь проведение вычислений зарплаты, загруженности и себестоимости, то времена опережения здесь будут не нужны.

Составление описанных выше картотек представляет собой основную массу работ при упорядочении заводской информации и с этой работой связаны все основные трудности. Что касается данных, не встречающихся в этих картотеках, то мы считаем нецелесообразным давать здесь какие-либо общие советы. Как наиболее правильно поступить с этими данными, будет лучше всего видно в конкретной ситуации уже в ходе самой работы.

#### § 4. Ввод данных в ЭВМ

Если при сборе на заводе требуемой для вычислений информации и составлении соответствующих картотек основная тяжесть ложится, как правило, на работников завода, то своевременный и безошибочный ввод этих данных в ЭВМ является делом сотрудников ВЦ.

Как уже отмечалось в предыдущем параграфе, заводская ин-

формация непрерывно меняется по мере изменения производственного процесса. Поэтому эту информацию можно считать введенной в ЭВМ лишь в том случае, если она переписана в пригодном для вычислений виде и имеется возможность для учета ее изменений. Другими словами, кроме подготовки информации к записи, составления записывающих программ и самой записи информации в запоминающих устройствах ЭВМ, в работу по вводу информации надо включить и составление программ для ввода поправок.

Если учесть, что количество вводимой информации весьма велико, то вполне понятно, что и соответствующий объем работ не будет мал. Кроме того, нет сомнения, что при сборе такого количества информации и при последующей ее записи будут ошибки со стороны работников и завода, и ВЦ, тем более, что основную массу работ придется, по-видимому, проводить "вручную". Исправление же этих ошибок (как правило, большая часть ошибок, сделанных при сборе информации на заводе, выявляется обычно лишь при вводе информации в ЭВМ) намного увеличивает и так уже достаточно большой объем работ, а также и количество времени, требуемого для их проведения.

С другой стороны, постоянное изменение записываемой информации приводит к весьма строгим ограничениям во времени ее ввода. Дело в том, что при большом количестве изменений и поправок внесение их в информацию параллельно с записью информации является весьма сложной или даже практически невыполнимой задачей, особенно в условиях ограниченного ко-



личества рабочей силы. Ведь у сотрудников ВЦ в это время и так уже будет достаточно работы. Кроме того, на время ввода информации картотеки данных передаются обычно в ВЦ, так как они нужны там для перфорирувания, а также контроля правильности записи. А все это означает, что любая задержка при вводе информации неизбежно вызовет нагромождение поправок. При большом же скоплении поправок легче переписать весь информационный массив заново, чем внести все требуемые поправки.

Быстрый и безошибочный ввод информации предполагает хорошую организацию работ и наличие квалифицированной рабочей силы. Поэтому с подготовкой ввода информации следует начать уже заранее.

Примерный порядок проведения работ дан на схеме 6. Прямоугольниками обозначаются проводимые работы, а кружками — требуемая для (или получаемая в результате) проведения этих работ информация, а также методика и программы. Стрелки "—" обозначают связи между информацией и работами, стрелки "⇒" — последовательность проведения работ, а стрелки "→" и "---" — влияние проведения одних работ или составления отдельных информационных массивов на проведение других работ.

Говоря вообще, подготовка к введению информации в ЭВМ начинается уже в процессе рекогносцировки информационных условий завода. На этом же этапе сотрудники ВЦ получают и первые навыки. Выше уже отмечалось, что успех проводимых в дальнейшем работ во многом зависит от качества рекогносцировки завода. Все это в полной мере касается также и ввода

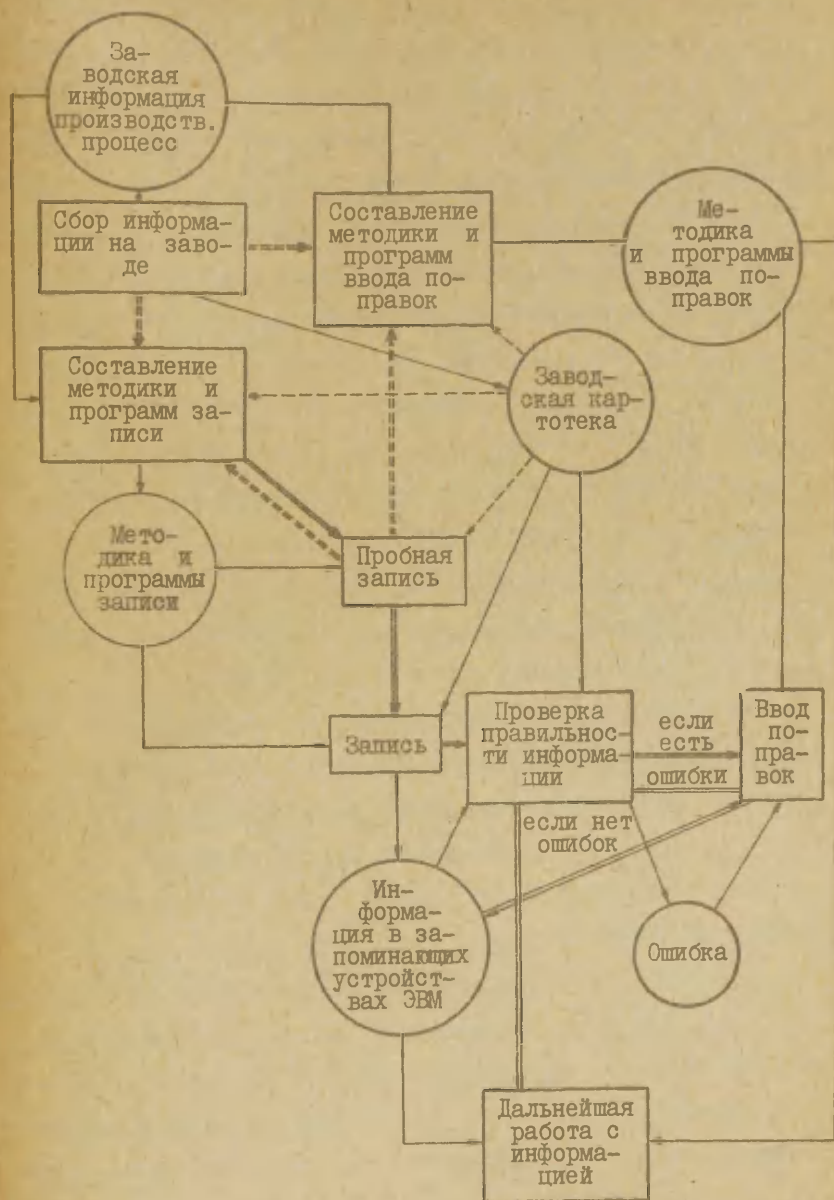


Схема 6

информации. Но как бы хорошо ни была проведена рекогносцировка, информационные условия завода окончательно выявляются в процессе сбора информации и последующей ее обработки. Поэтому окончательно дорабатывать методику записи информации и начинать составление соответствующих программ следует лишь параллельно со сбором информации на заводе, когда можно быть уверенным, что возможные неожиданности в информации не приведут к значительной переработке программ и методики.

Весьма целесообразно перед записью информации в ЭВМ проводить т.н. "пробную" запись небольших массивов этой информации. "Пробная" запись позволяет выявить возможные трудности в последующей работе, несогласованные места в собранной на заводе информации. Кроме того, "пробная" запись может служить для отладки программ записи информации и ввода поправок.

Различные ошибки в процессе записи информации могут весьма значительно увеличить расходуемое на запись время. Поэтому особое внимание в ходе "пробной" записи следует обратить на выяснение причин возникновения возможных ошибок и на разработку мероприятий, которые помогут избежать или быстро исправить эти ошибки.

Но при достаточно большом количестве информации ее ввод приводит к накоплению поправок даже при хорошо идущей, налаженной работе. Поэтому информацию большого объема следует вводить по отдельным массивам, причем нецелесообразно переходить к вводу следующего информационного массива, пока

не будет полностью введен предыдущий массив (т.е. пока этот массив не будет переписан в пригодном для вычислений виде и пока не будет включена в работу система программ для ввода в него поправок). Вполне понятно, что при таком последовательном вводе информации гораздо легче будет ориентироваться в сделанных во время ввода ошибках и исправлять их.

Общая последовательность ввода массивов определяется вытекающей из схемы 4 последовательностью работ, т.е. возможностью применить на практике у записанные на ЭВМ данные. К тому же, этой последовательности подчиняется и составление соответствующих картотек на заводе (см. § 3 гл. II). В этих случаях вышеизложенное правило - не переходить к вводу следующего массива до того, как полностью будет введен предыдущий массив - выполняется само собой. Но при проведении работ по схеме 4 может случиться, что на одном этапе проведения работ требуется ввести несколько информационных массивов и последовательность их ввода строго не определена. Например, если параллельно с вычислением ПЗУ мы намереваемся рассчитывать загруженность оборудования и потребность в материалах, то нам надо ввести данные и о технологии изготовления изделий, и о требуемых при этом материалах. В таких случаях надо обязательно соблюдать вышеизложенное правило.

Может оказаться, что разделение при вводе всей информации на отдельные массивы будет недостаточным, так как соответствующие массивы будут все еще слишком велики. В этом случае каждый такой массив следует вводить также по частям.



Последовательный ввод информации требует хорошей связи между заводом и ВЦ, а также отличного понимания работниками завода работы, проводимой на ВЦ. Ведь завод заинтересован, как правило, в первую очередь в быстром получении результатов, а при последовательном введении исходных данных решение части задач может задержаться. Здесь мы не имеем в виду случая, когда можно вводить информацию параллельно с ее сбором, в этом случае ввод информации по частям, наоборот, ускоряет получение результатов. Но при больших объемах требуемой для вычислений информации именно такой подход к делу позволяет в наикратчайшие сроки ввести качественную информацию, другими словами, быстрее всего получить соответствующие действительности результаты вычислений.

## § 5. Составление производственного задания

В предыдущем параграфе мы касались проблем, связанных с вводом собранных на заводе данных в ЭВМ. Теперь ставится задача, как поступить дальше, т.е. как, следуя схеме 4, практически перейти к составлению для производства сначала ПЗЦ, а затем ПЗУ. Требуется разъяснить, какие основные проблемы возникают при этом, на что следует обратить особое внимание.

В главе I описаны общие принципы составления ориентировочных графиков для производства, заданы соответствующие



формулы, алгоритмы. В главе II заданы общие схемы, по которым может происходить составление графиков, если пользоваться определенным способом упорядоченными массивами исходных данных. В практическом же проведении работы по построению машинной системы текущего управления сначала следует все отдельные "проектируемые" вычисления представить в единой схеме в таком виде, в каком разрабатываемая система после ее завершения действительно стала бы функционировать. На основе этой схемы необходимо далее определить, какие именно программы требуются здесь для ЭВМ, как они будут взаимно связаны, а затем уже приступить к составлению этих программ.

Разумеется, знания описанной схемы требуется и раньше. Уже при рекогносцировке условий завода необходимо иметь перед глазами схематическое изображение того, как будет "в целом" выглядеть та система, которую намереваются построить. Но для того, чтобы составить уже конкретные программы вычислений для ЭВМ, эта схема должна иметь весьма детализированный вид. На данных страницах, где не учитываются конкретные условия, а поэтому нельзя сделать и конкретный выбор между весьма различными возможными вариантами решения проблем, мы должны ограничиться представлением только очень грубой схемы (см. схему 7).

Обозначения здесь аналогичны обозначениям на схеме 6. Под ПЗ (производственное задание) можно подразумевать или ПЗЦ, или ПЗУ. Это зависит от того, какой именно этап разработки системы имеется в виду.

Опишем схему 7 словесно. Работа по вычислению ПЗ заключается подготовкой требуемой для вычислений информации — вводом поправок в информацию и вводом плана выпуска готовой продукции. О вводе поправок уже говорилось в § 6 гл. II. По этому поводу следует добавить, что время, которое остается на ВЦ для ввода поправок в информацию, обычно намного меньше времени, выделяемого для сбора этих поправок на заводе. Это надо учесть при организации обмена информацией между заводом и ВЦ. Данные об изменениях в производственном процессе надо передавать на ВЦ в таком виде, который наиболее подходит для их быстрой обработки (перфори-рования, упорядочения и пр.).

Что же касается подготовительных работ для ввода в ЭВМ плана выпуска готовой продукции, то трудностей с ними значительно меньше. Количество информации, требующей обработки (перфори-рования) и упорядочения, здесь обычно относительно невелико. Кроме того, упорядочить планы перед проведением расчетов надо лишь в том случае, когда информация о монтаже записана в виде СП. Если же данные о сборке изделий записаны в виде МС, то последовательность и запись планов в памяти ЭВМ не имеет значения.

И еще получаемый с завода план выпуска готовой продукции является вполне "самостоятельным" массивом, его не надо вводить в другие массивы, как это делается с изменениями и с чем, как известно, немало хлопот (см. § 6 гл. II).

Потом следует само вычисление ПЗ, исходя из уже имеющихся в ЭВМ данных. Об имеющихся здесь различных возмож-

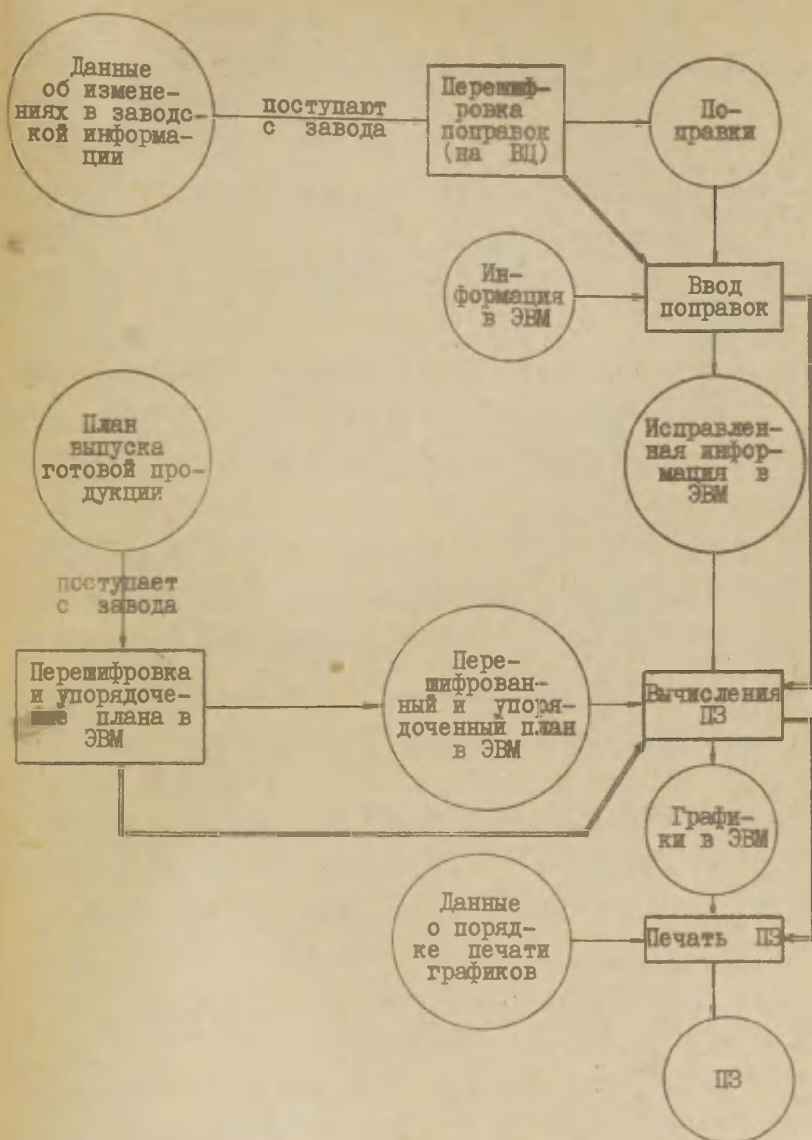


Схема 7

ностях написано в главах I и II. Однако в связи с переходом от составления ПЗЦ к ПЗУ возникает еще следующая проблема, на которой следовало бы остановиться. Для ПЗУ каждой детали, в зависимости от количества участков цеха, которые она проходит на своем технологическом маршруте, как правило, требуется составить несколько графиков. Однако при построении каждого такого графика крайне неэкономно каждый раз пользоваться формулой (3), задавая там величинам  $l_j^i$  и  $v_j^i$  соответствующие значения. Гораздо легче составить раньше график выпуска деталей механическим цехом (ПЗЦ), а затем, исходя из этого, с использованием формул смещения и уменьшения графиков (см. § I гл. I) составить графики выпуска для отдельных участков. Но здесь приходится иметь дело с кратным смещением графика, что вызывает т.н. "краевую деформацию" графика. Дело в том, что формулы смещения графика настолько несовершенны, что в общем имеет место

$$\{P\} \rightarrow (l_1 + l_2) \neq \{P\} \rightarrow l_1 \rightarrow l_2 . \quad (18)$$

(По нашему мнению, этот недостаток можно устранить только в результате существенного усложнения формул смещения, что, по-видимому, нецелесообразно.) При этом ориентировочный срок выпуска продукции, определенный (см. формулу (5)) исходя из графика, стоящего на правой стороне неравенства (18), как правило, меньше того же срока, при определении которого использовался график с левой стороны (18). Но последний срок несомненно лучше отражает действительные нужды производства.

Для преодоления описанного здесь недостатка имеются сле-

лучшие возможности. Во-первых, вычисления графиков всегда можно провести в таком порядке, чтобы для получения каждого графика требовалось не более, чем двукратное смещение. Во-вторых, нетрудно составить алгоритм т.н. сглаживания двукратно смещенного графика, который позволяет в существенной мере уменьшить краевую деформацию. Отметим еще, что краевая деформация графика практически исчезает и при уменьшении графика на достаточно большое число. Но в производстве, как правило, всегда имеются определенные запасы заготовок, а тем самым имеет место и уменьшение графика.

За составлением ПЗ следует его печатание. Так как количество графиков, составляющих ПЗ (а особенно ПЗУ) обычно очень велико, то здесь возникают немалые трудности. Эти трудности можно в определенной мере преодолеть, выделив группу деталей, для которых достаточно выпечатать не весь непрерывный ориентировочный график, а только ориентировочный срок выпуска следующей партии (см. § 3 гл. I).

Особое внимание следует обратить на порядок выдачи графиков из ЭВМ. При определении формы и последовательности печатания графиков надо принимать во внимание в первую очередь то, чтобы эти графики можно было использовать для наблюдения за ходом производства, для проведения соответствующих анализов и для принятия вытекающих из них решений. Другими словами, выдаваемые графики должны служить на производстве рабочими документами.

Составление ПЗ является первым этапом при переходе от "ручных" методов управления к "машинным". Поэтому при раз-



работке порядка выдачи ПЗ из ЭВМ следует считаться во многом со старой, привычной для работников завода методикой управления.

Только после того, как схема проведения вычислений "в целом" (см. схему 7) достаточно детально разработана, а также найдены (и выбраны) конкретные решения всех связанных с ней проблем, можно приступить к составлению соответствующих программ для проведения вычислений на ЭВМ. Это необходимо для того, чтобы избежать (т.е. уменьшить количество) возникающих при составлении различных программ несогласованностей и связанного с устранением их многократного увеличения объема труда.

Необходимо подчеркнуть, что упомянутая проблема весьма остро поднимается и в несколько более широком плане. Мы имеем в виду взаимную обусловленность ввода данных в ЭВМ (см. предыдущий параграф) и составления программ для вычислений. Рациональность проведения вычислений зависит от всех подробностей при размещении информации в машинной памяти. Следовательно, уже при вводе данных в ЭВМ необходимо иметь довольно ясное представление о том, как будут происходить вычисления. А детальную схему последних нельзя составить, не зная точно, как будут построены массивы информации в ЭВМ.

## § 6. Наблюдение за ходом производства

Если машинная система текущего управления на заводе разработана и внедрена до регулярного составления для завода ПЗУ включительно, то, по всей вероятности, будет накоплено уже достаточно практического опыта и знания дела для вполне реалистического представления о том, что требуется делать дальше. Так что всякие общие и не учитывающие конкретных условий предварительные рассуждения о последующем этапе работы — построении системы наблюдения за ходом производства — в этом случае будут мало чем полезными. Все же мы считаем введение таких рассуждений здесь целесообразным, так как они, являясь наброском будущих положений, позволят на первых этапах работы более четко представить себе общую направленность работ и дадут мышлению требуемое направление. Это является необходимым условием для плодотворной работы.

Итак, что представляет собой система наблюдения за ходом производства? Во-первых, как мы уже отметили, это развивающаяся система, постепенно совершенствующаяся по мере того, как глубоко ЭВМ проникает в текущее управление производством. В данном случае однако, важнее всего описать то, как эта система будет выглядеть в самом начале, т.е. в самом процессе ее создания и какие узловые проблемы возникнут при этом.

В силу того, что прежний этап работы привел нас к регулярному составлению ПЗУ для производства (см. схему 4), то теперь, выражаясь в двух словах, первоочередной задачей

является регистрация на ЭВМ того, как соблюдается это ПЗУ на производстве, вместе с последующим анализом создавшегося положения и сообщением производству о наибольших отклонениях, т.е. об отставаниях от ПЗУ и об опережениях его. С практической же стороны вся проблематика, подлежащая здесь решению, сконцентрируется вокруг следующих вопросов:

1) в каком виде и с какой частотой следует передавать производству соответствующие анализы?

2) какие изменения целесообразно при этом ввести в составление и выдачу производству ПЗУ?

3) как организовать передачу требуемых данных с завода в ЭВМ?

На рассматриваемом этапе непосредственным текущим управлением производством занимаются в основном люди и ЭВМ играет лишь роль советника. Ее задачу можно здесь определить как приведение требуемой для текущего управления производством информации к виду, более пригодному для человека при принятии им конкретных решений. В таких условиях не требуется очень частой, скажем, ежедневной выдачи ЭВМ анализов о состоянии производства. Существенные изменения в последнем происходят ведь не так быстро. В малых же изменениях вернее положиться на "ручной" учет и человеческую память.

Для дальнейшего практического использования удобнее всего, по-видимому, упомянутые выше анализы органически соединить с выдачей ПЗУ из ЭВМ. В противном случае в производстве придется не только соблюдать ПЗУ, выпечатанное на ЭВМ в виде непрерывного ориентировочного графика для всего планового

периода, но и постепенно вводить на нем "ручной" учет и, кроме того, сопоставлять все это с выданными ЭВМ анализами. Это несколько неудобно и связано с большим количеством "ручного" труда.

Следовательно, мы вполне естественно приходим к выводу, что ЭВМ должна на рассматриваемом этапе работы выдавать для производства ПЗУ не один раз в плановом периоде, а чаще. При этом выдаваемые ПЗУ уже сами должны заключать в себе упомянутые выше анализы. Это вполне естественно, так как эти ПЗУ составлены именно на основе данных, полученных при наблюдении за ходом производства, и таким образом они фиксируют положение вещей, существующее в производстве в данный момент времени. Важно, чтобы эта фиксация имела наиболее удобную форму для ее последующего "ручного" использования. Поэтому приходится приспосабливать форму выдачи ПЗУ к новым условиям.

Отличительной чертой упомянутых новых условий по сравнению со "старыми" является существенное сокращение промежутка времени между выдачей двух последующих ПЗУ (ранее этот промежуток равнялся плановому периоду). В связи с этим практически отпадает потребность в "ручном" определении ориентировочного срока выпуска нескольких партий одной детали по одному и тому же ПЗУ. А поэтому отпадает и потребность в выпечивании ЭВМ непрерывных ориентировочных графиков (см. § 2 гл. I). В ПЗУ достаточно дать лишь ориентировочные сроки выпуска в каждом участке цеха только следующей партии каждой детали. Это существенно сокращает объем

работы печатающего устройства ЭВМ при выдаче ПЗУ и, кроме того, делает ПЗУ более обзорным и пригодным для практического применения.

На рассматриваемом этапе работы выдаваемые ЭВМ ПЗУ превращаются, таким образом, в дискретные ориентировочные графики, т.е. в ОГ. В этом смысле этапы 3 и 4 в схеме 4 частично покрываются. Однако под 4-ым этапом естественнее подразумевать период работы, в течение которого осуществляется переход к составлению ОГ не только для выпуска деталей участками цеха, но и для совершения отдельных технологических операций.

Набросим общую картину того, как будет выглядеть с технической стороны участие ЭВМ в текущем управлении производством, если построена система наблюдения за ходом производства. С помощью такой общей картины мы сможем более ясно представить себе те конкретные работы, которые следует провести при создании этой системы.

В начале планового периода ЭВМ составляет непрерывные ориентировочные графики выпуска деталей каждым участком механического цеха, однако не выпечатывает их, а запоминает в своих накопителях. Выпечатыванию подлежат только определенные по этим графикам ориентировочные сроки выпуска следующих партий деталей (см. формулу (5)) <sup>9)</sup>.

<sup>9)</sup> Очевидно, что при системе наблюдения за ходом производства с помощью ЭВМ учет запасов деталей и заготовок уже нельзя проводить в цехе "ручным" способом, т.е. так, как это можно было делать раньше (см. § 2 гл. I). Поэтому составленные в ЭВМ непрерывные ориентировочные графики должны иметь именно вид (3).



Вспомним, что с внедрением графиков такого вида усложняется учет на ЭВМ предварительных сведений о выпуске готовой продукции в дальнейших плановых периодах (см. § 4 гл. I). Вопрос об учете имеющихся запасов деталей и заготовок с полной остротой встает именно при составлении графиков на основе расчетных данных, а не данных инвентаризации (см. § 2 гл. I). Если учесть отрицательные стороны последнего способа, то с ним можно мириться только в самом начале рассматриваемого этапа работы. Поэтому необходимо как можно быстрее достигнуть достаточной надежности, безошибочности работы создаваемой системы наблюдения за ходом производства. Это ускорит переход к применению расчетных данных при составлении непрерывных ПЗУ в начале нового планового периода.

Но все же без учета данных инвентаризации не обойтись, ибо кое-что из важного в производстве непременно останется вне поля зрения построенной системы наблюдения; кроме того, могут возникнуть неточности при передаче информации и при вычислениях. Необходимо устранять возникающие таким путем несоответствия расчетных данных с действительностью. Следовательно, на рассматриваемом этапе работы необходимо разработать и внедрить методику учета данных инвентаризации запасов деталей и заготовок в течение планового периода, введения на основе данных инвентаризации поправок в данные, накопленные при наблюдении за ходом производства в ЭВМ (см. § 2 гл. I).

В ЭВМ постоянно (ежедневно) регистрируется выполнение всеми участками механического цеха их графиков выпуска. Для этого требуется передавать с каждого участка цеха в ВЦ данные о том, какие детали и в каком количестве участок выпустил после предыдущей передачи таких же данных.

Для контроля можно устроить и двойной учет, т.е. адресат будет также сообщать в ВЦ, какие детали и в каких количествах он получил. Это, разумеется, намного усложнит

машинный учет, так как придется сопоставлять накопляющиеся из различных источников данные, выяснять их согласованность или же разногласия в них. В то же время двойная нагрузка ложится и на средства связи. Но с другой стороны, возможность контроля, хотя и не настолько оперативного, имеется и без этого. Это сопоставления данных инвентаризации с накопленными в ЭВМ расчетными данными о наличии различных деталей на складах и на отдельных участках цеха (см. § 2 гл. I). Кроме того, на местах хранятся накладные приходящих деталей и с их помощью впоследствии можно выяснить все разногласия на месте. Какой способ контроля правильности передаваемой участками цеха информации о выпуске продукции следует предпочесть, и вопрос о том, как именно проводить его, зависит, конечно, от конкретных условий.

Регистрация в ЭВМ данных о выпуске деталей различными участками в основном состоит в определении все новых и новых ориентировочных сроков выпуска (см. § 2 гл. I). При этом время от времени (например, один раз в неделю) ЭВМ выпечатывает ориентировочные сроки в виде ПЗУ. Это дает производственникам довольно ясное и правильное представление о том, как обстоит дело с выпуском деталей на каждом участке и на что следует обратить особое внимание в ближайшем будущем <sup>10)</sup>.

<sup>10)</sup> Обратим внимание на то, что на истинные, вытекающие из самих нужд производства ориентировочные сроки выпуска деталей во многом может повлиять и возникающий в производстве брак. Хотя возникновение брака и выясняется после сопоставления данных инвентаризации с расчетными данными, произойти это может

с большим опозданием. Поэтому на рассматриваемом этапе работы необходимо организовать своевременную передачу в ВЦ данных о возникновении брака и учет их на ЭВМ.

Немало проблем возникает в связи с тем, в каком именно виде на данном этапе работы выпечатывать ПЗУ. По-видимому, будет недостаточным задавать лишь номер детали и ориентировочный срок ее выпуска. Следовало бы отметить также количество требуемых деталей. Например, можно определить в ПЗУ такое количество деталей, выпуск которого "передвинул бы" соответствующий ориентировочный срок приблизительно на месяц дальше. ("Приблизительно" потому, что при составлении непрерывного ориентировочного графика используются лишь предварительные сведения о выпуске продукции (см. § 4 гл. I).) Это, разумеется, не обязывает выпускать в заданный срок именно отмеченное количество деталей, что было бы крайне догматическим подходом к делу или, выражаясь мягче, глупостью. Цель записи этого количества деталей в ПЗУ — дать производственникам уже заранее (до получения нового ПЗУ) некоторое представление о том, на какое время они могут "успокоиться" после выпуска определенного количества определенно-го вида деталей, а также о том, какое количество выпуска деталей будет уже "излишком".

Проблемой является также и то, в какой последовательности необходимо записывать в ПЗУ данные о деталях. Здесь можно говорить о двух различных последовательностях:

- 1) по номерам деталей и
- 2) по ориентировочным срокам выпуска.

По-видимому, данные о деталях, отстающих от графика выпуска или же подлежащих выпуску в ближайшие дни, вернее всего записывать в последовательности ориентировочных сроков, данные о других деталях - в последовательности номеров деталей.

Отметим еще, что в связи с составлением системы наблюдения за ходом производства открываются широкие возможности статистического исследования хода производственного процесса. Одним наиболее важным для наших целей вопросом является здесь исследование действительных времен опережения, их средних (для данной детали) значений (в данных условиях) и дисперсий. Только достаточно точное знание средних времен опережения может обеспечить хорошее отражение действительных нужд производства составленными ориентировочными графиками. Дисперсии же времен опережения характеризуют величину отклонений хода производства от ориентировочного графика.

Многое для установления средних времен опережения может дать определение средних времен ожидания деталей партий перед обработкой их на станках (см., например, [5]). В принципе проще, но практически сложнее всего измерить на заводе непосредственно времена ожидания деталей партиями обработки на станках и усреднить данные измерений. Система наблюдения за ходом производства позволяет легко зафиксировать время пребывания различных деталей партий на отдельных участках цеха. Если найти времена обработки на станках при помощи соответствующих нормативов, то в результате получается большое количество линейных уравнений, где неизвестными являются времена ожидания. Если далее все времена ожидания перед одним

станком считать равными и затем решить полученную систему, например, методом наименьших квадратов (или же как задачу линейного программирования), то, по-видимому, можно получить весьма хорошие оценки для средних времен ожидания.

Кстати, такой же обработке (и последующей поправке) можно подвергнуть и полученные непосредственно от мастеров цеха оценки времени пребывания различных видов деталей на отдельных участках цеха.

Разумеется, что при практическом проведении описанной выше статистической обработки данных возникнет множество сложных проблем, но априорно о них можно мало что сказать.



## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Каазик Ю.Я., Муллари Р.Р. О подходе к математическому решению задач текущего планирования. Труды ВЦ ТТУ, 1965, 6, 1-10.
2. Киселев Ю.В. Метод экспертных оценок. Экономика и математ. методы, 1967, т. III, 3, 391-396.
3. Круль М., Лухт С., Рахенди М. Расчеты загруженности станочного парка завода. Труды ВЦ ТТУ, 1964, 4, 3-67.
4. Круль М., Лухт С., Муллари Р. Механическое составление производственных заданий. Труды ВЦ ТТУ, 1965, 6, 11-31.
5. Муллари Р., Праги У. Имитирование работы цеха на ЭВМ. Труды ВЦ ТТУ, 1967, 11, 21-67.
6. Муллари Р., Праги У. Форсаж работы и отклонения при запуске деталей партий. Имитирование на ЭВМ. Труды ВЦ ТТУ, 1968, 14, 3-45.
7. Муллари Р., Саарнийт И. Производство - управление - ЭВМ. Труды ВЦ ТТУ, 1967, 11, 3-20.
8. Перельман А.Э. Применение ЭВМ в оперативном планировании и управлении производством. Латв. респ. ин-

ститут научно-техн. информации и пропаганды, Рига,  
1965.

9. Raamatupidamise juhendmaterjalide kogumik. Tallinn,  
1964.

10. Siigur H. Tööliste ja teenistujate töö tasustamisest.  
Tallinn, 1966.

11. Tööseadusandlus. Kehtivate normatiivide kogumik.  
Tallinn, 1966.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	стр. 3
Введение . . . . .	стр. 8
Глава I. Принципиальные решения . . . . .	стр. 15
§ 1. Формальный аппарат для операций с графиками . . . . .	стр. 15
§ 2. Непрерывные и дискретные графики . . . . .	стр. 21
§ 3. Разбивка планового периода . . . . .	стр. 27
§ 4. Использование предварительных сведений о выпуске продукции . . . . .	стр. 32
§ 5. Потребности в материалах . . . . .	стр. 37
§ 6. Загруженность оборудования . . . . .	стр. 42
§ 7. Вычисление зарплаты . . . . .	стр. 46
Глава II. Исходные данные . . . . .	стр. 51
§ 1. Списки применяемости . . . . .	стр. 51
§ 2. Монтажные схемы . . . . .	стр. 58
§ 3. Остальные постоянные массивы данных . . . . .	стр. 68
§ 4. Кодирование данных . . . . .	стр. 74
§ 5. Текущие данные . . . . .	стр. 80
§ 6. Ввод изменений в массивы информации . . . . .	стр. 83

Глава III. Практическое проведение работ . . . . .	стр. 90
§ 1. Рекогносцировка . . . . .	стр. 90
§ 2. Общая схема работ . . . . .	стр. 95
§ 3. Составление картотек . . . . .	стр.105
§ 4. Ввод данных в ЭВМ . . . . .	стр.112
§ 5. Составление производственного задания . . . . .	стр.118
§ 6. Наблюдение за ходом производства . . .	стр.125
Литература . . . . .	стр.134

ТРУДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Выпуск I7

На русском языке

Тартуский государственный университет  
ЭССР, г. Тарту, ул. Кликсоли, 18

Ответственный редактор В. Тини  
Корректор О. Правдин

---

Ротапринт ТГУ 1969. Сдано в печать 6/VI 1969 г.  
Печ. листов 8,63 (условных 8,02). Учетн.-издат.  
листов 6,5. Тираж 500 экз. Бумага 30х42.1/4.  
МВ 04050. Заказ № 483

Цена 45 коп.



